

FUNDAMENTOS HISTÓRICOS DE LA BIOLOGÍA

JORGE LLORENTE · ROSAURA RUIZ · GRACIELA ZAMUDIO · RICARDO NOGUERA

COMPILADORES





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

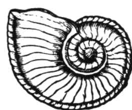
MMVIII

FUNDAMENTOS HISTÓRICOS DE LA BIOLOGÍA





FUNDAMENTOS HISTÓRICOS DE LA BIOLOGÍA



Jorge Llorente
Rosaura Ruiz
Graciela Zamudio
Ricardo Noguera

Compiladores



Universidad Nacional Autónoma de México, 2008

COORDINADOR GENERAL
Dr. Jorge Llorente Bousquets

COORDINACIÓN EDITORIAL
Rosanela Álvarez Ruiz

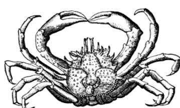
ASISTENCIA EDITORIAL
Mariana Mendía

CORRECCIÓN DE TEXTOS
Rosalba Aguirre
Anabell García
Felipe Sierra

DISEÑO Y FORMACIÓN DE INTERIORES
Quinta del Agua Ediciones, SA de CV

DISEÑO DE CUBIERTA
Miguel Marín

IMÁGENES DE PORTADA Y CONTRAPORTADA
Capsicum ccccxix (portada)
Zea cccclxxiii (contraportada)
Fuchs, L., 2001, *The New Herbal of 1543,* Taschen, France.



Primera edición: agosto de 2008.
Secretaría de Desarrollo Institucional
Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial
Facultad de Ciencias
Ciudad Universitaria, 04510, México, D. F.

ISBN: 978-970-32-4774-5

Impreso en México
Printed in Mexico

CONTENIDO*

* Las fuentes bibliográficas de los artículos que aquí se compendian se encuentran en la página XXX.

III

LA HISTORIA NATURAL Y EL INICIO DE LA GEOLOGÍA

IV

EL TRANSFORMISMO Y EL INICIO DE LA BIOLOGÍA

V

EL ESTABLECIMIENTO DEL DARWINISMO

PRESENTACIÓN*

Este volumen es el resultado de un esfuerzo colectivo más para apoyar el curso obligatorio Filosofía e Historia de la Biología del plan de estudios de la carrera de Biología (1996). La filosofía y la historia de las ciencias se han hecho indispensables en la formación de cualquier científico, y estas mismas disciplinas han ganado un puesto indisputable en las especialidades humanístico-científicas, con la aparición de signos de institucionalización universales, tales como la aparición de sociedades, congresos y revistas internacionales a lo largo del siglo XX y principios del XXI.

Este libro se circunscribe a la parte histórica de la biología. Las orientaciones y proclividades en historia de la ciencia, o bien en la historia de la biología, sabemos que pueden ser muy variadas. Algunas con énfasis en los aspectos económicos, otras en los sociales y políticos, otras más en tendencias culturales y tradiciones; algunas, considerando una sólida orientación filosófica o incluso por especialidad científica bajo distintos aspectos teóricos, conceptuales, experimentales, etcétera. Sin embargo, un curso de carácter introductorio en esta temática debe ser equilibrado; tal equilibrio es muy complejo y difícil de alcanzar, considerando la madurez intelectual y la formación e información de los estudiantes a los que va dirigido, así como el limitado tiempo para un curso semestral. Por ende, puede haber un amplio número de justificantes o argumentos para favorecer una compilación de lecturas que conformen una antología introductoria de historia de la biología. En este caso, los compiladores seleccionamos las lecturas complementarias a las ya existentes, y que hemos utilizado durante nuestros cursos, aunque no está por demás admitir que cualquier selección o compilación, implícitamente, puede privilegiar algún tipo de énfasis.

Los compiladores coincidimos en que la historia de la evolución y de la herencia son ejes fundamentales, en especial durante el siglo XIX, para el aprendizaje de la historia de la biología. No obstante, la práctica de la enseñanza nos ha obligado a ampliar aún más, aunque de modo esquemático por necesidad, los periodos de tiempo, los temas y

* Los compiladores agradecemos muy especialmente a Jimena Castro, Isabel Vargas y Raúl Cruz por el cuidadoso escaneo de textos y figuras de este libro.

desde luego algunos autores y/o precursores. Una ampliación en estos temas, focalizada en dos de los grandes naturalistas del siglo xviii (Linneo y Buffon), lo hemos considerado prudente y justificado para consolidar las bases de estudio de la biología en el siglo xix. Lo mismo puede decirse de la polémica entre Cuvier y Saint Hilaire.

Igualmente podríamos justificar otros periodos, temas y autores, lo que nos llevaría a una selección antológica demasiado abultada e impropia para un curso introductorio. Sin embargo, aprovechando las nuevas tecnologías y las inclinaciones y facilidades de los estudiantes, decidimos incluir y sumar a nuestra antología un CD anexo, la obra *Historia de la biología comparada, con especial referencia a la biogeografía: del Génesis al Siglo de las Luces*, coordinada por Nelson Papavero y Jorge Llorente, que en su versión impresa comprende ocho volúmenes. Hemos comprendido que se trata de un material complementario que los estudiantes pueden consultar más allá del curso semestral. Esta obra contiene traducciones de clásicos de la biología, a manera de apéndices en varios capítulos. De esta manera, pensamos facilitarle a los estudiantes el acceso a esta información.

Esta antología, además del CD citado, en esencia comprende dieciocho capítulos o lecturas. Éstas están centradas en historiografía de la ciencia, algunos aspectos filosóficos y metodológicos de la historia de la ciencia, el nacimiento de la ciencia moderna, algunos aspectos de la historia natural con énfasis en la historia de la geología, algunos debates y polémicas previos al darwinismo, así como aspectos relacionados con éste.

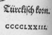
En esta compilación, hemos preferido dejar dos textos en su idioma original, pues de traducirlos todos al español en aras de facilitarles los materiales a los estudiantes, en realidad los podríamos perjudicar, ya que es en el idioma inglés en el que se publican actualmente la mayoría de los trabajos de esta disciplina científica y de la ciencia en general, de modo que no consideramos contraproducente que los estudiantes hagan un esfuerzo para comprender textos en ese idioma.

Los compiladores esperamos que estos materiales resulten de utilidad para impartir los cursos de historia y filosofía de la biología, además de que los interesados en el tema tendrán a su disposición un punto de partida para iniciar o continuar su acercamiento con el tema.

Los compiladores

I

INTRODUCCIÓN A LA HISTORIA Y EL MÉTODO EN LA BIOLOGÍA



CAPÍTULO 1

ASPECTOS DEL DESARROLLO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Helge Kragh

Aunque la historia de la ciencia como disciplina académica autónoma no se desarrolló hasta el siglo xx, durante siglos se dieron actividades que podrían llamarse con toda razón formas primitivas de historia de la ciencia. Descripciones y análisis históricos han ido siempre a la zaga del desarrollo de la ciencia. De hecho, hasta la consideración más superficial de la historia de la ciencia en el pasado nos revela que gran parte de los problemas historiográficos fundamentales que estudia hoy día la moderna historia de la ciencia pueden encontrarse también en siglos pretéritos.

Durante la mayoría de los periodos en los que se desarrolló la ciencia, ésta se aprendió y cultivó como parte de una tradición histórica que no podía distinguirse de la ciencia propiamente dicha. En la Antigüedad clásica, y en la Edad Media sobre todo, la forma habitual de cultivo de la ciencia implicaba el apoyo en los pensadores anteriores. Se hicieron comentarios y análisis críticos de las obras clásicas, que se utilizaban como punto de partida para nuevos pensamientos y contribuciones de interés actual. Cuando Aristóteles quería hablar de los átomos y el vacío, reproducía partes de la historia del atomismo y se enzarzaba en una discusión con Demócrito, que hacía ya tiempo que descansaba en paz. Cuando un matemático griego quería resolver un problema, la manera natural de proceder era dando una relación de la historia del tema en cuestión, cosa que se consideraba parte integrante del problema.

Los historiadores clásicos se hallaban interesados ante todo y sobre todo por la historia contemporánea y no creían que tuviera mucho valor considerar los desarrollos o acontecimientos anteriores en una perspectiva histórica. Esta actitud tópica y, por lo tanto, en cierto sentido ahistórica se basaba en la percepción que tenían los griegos del método histórico crítico: se creía que las únicas fuentes dignas de crédito eran los testigos oculares, es decir, las personas que hubieran asistido directamente al acontecimiento objeto de estudio, y que, en cuanto tales, podían ser interrogados por el historiador acerca de dicho acontecimiento. A consecuencia de este enfoque, la perspectiva histórica griega se hallaba limitada, en lo principal, a una sola generación.

Otro factor que contribuyó a la falta de una verdadera perspectiva histórica era la visión generalizada que se tenía del tiempo y lo inseguro de la cronología. Entre los griegos era habitual considerar que el tiempo era cíclico o, siempre que se tratara de periodos breves de tiempo, estático. Esta noción del tiempo no apoya la idea fundamental de desarrollo histórico, según la cual las ideas y acontecimientos modernos se consideran consecuencia de la dinámica del pasado. Los griegos no tenían ninguna tradición de fechar los acontecimientos, ni el menor interés en ello, soliéndose contentar con fecharlos diciendo que ocurrieron "hace mucho tiempo". La datación precisa y la localización de los acontecimientos en orden cronológico se hallan en gran medida ligados a un concepto lineal del tiempo. La idea lineal y dinámica del tiempo deriva especialmente del pensamiento judeocristiano y no se difundió por Europa hasta la Edad Media.

Nuestro conocimiento de la forma clásica de historia de la ciencia se halla limitadísimo por la ausencia casi total de fuentes originales. Así, sabemos que Eudemo, personaje que vivió durante el siglo IV a.C., escribió una historia de la astronomía y otra de la matemática, pero ambas obras han desaparecido. Los conocimientos que tenemos proceden principalmente de comentaristas posteriores que trabajaron a finales del periodo clásico o a comienzos de la Edad Media. Un ejemplo de ellos sería Proclo (*c.* 420-485), que escribió un estudio histórico de las matemáticas de Euclides. Simplicio (*c.* 540), que escribió unos comentarios muy detallados de las obras de Aristóteles sobre filosofía natural y, en relación con ellas, hizo también un estudio de las ideas que tuvieron los filósofos de la naturaleza antiguos, constituye otro ejemplo de ello. Los comentarios que escribieron Proclo, Simplicio y demás pueden considerarse razonablemente una historia tardoclásica de la ciencia.

Durante los siglos XVI y XVII, cuando nació la nueva ciencia, se seguía considerando la historia parte integrante del conocimiento científico. La historia, y sobre todo la historia de la Antigüedad, era considerada por los pioneros, desde Copérnico a Harvey, algo definitivamente presente en el progreso actual de la ciencia, y que tenía mucho que ver con él. Durante la revolución científica se utilizaban muchas veces las autoridades clásicas como oponentes en las argumentaciones ideológicas. Al mismo tiempo, la historia servía de legitimación de la nueva ciencia. Haciendo referencia a los grandes filósofos del pasado, se daba a la ciencia un barniz de respetabilidad.

Desde finales del siglo XVII cambió la actitud que se tenía ante las autoridades clásicas. Lo corriente era subrayar los conocimientos del mundo moderno a expensas de los de la Antigüedad. Muchos pioneros de la nueva ciencia se hallaban muy influidos por las teorías religiosas de los protestantes: criticaban a los eruditos en la Antigüedad griega por ser paganos, y querían remontar la ciencia a los conocimientos bíblicos, que databan de una época anterior a la de los griegos. Donde no se tenía tales conocimientos, se les construía a partir de la Biblia. Sennert, Boyle y Newton se

contaban entre quienes creían que Moisés había poseído una percepción divina de las leyes de la naturaleza.[1] El atomismo, en su opinión, no debía su existencia al pagano y ateo Demócrito, sino al profeta Moisés. Esta teoría ayudó a que el atomismo revistiera en el siglo XVII una gran autoridad social. Poco a poco, a medida que la ciencia fue adquiriendo una autoridad y un valor por sí misma, fue haciéndose cada vez menos necesaria la Antigüedad como medio de legitimación, con lo que las referencias a los grandes antepasados fueron pareciéndoles a todos cada vez más superfluas.

La forma histórica que revistió gran parte de la ciencia más temprana queda bien ilustrada en el libro de Joseph Priestley, *The History and Present State of Electricity* (1767) y su otra obra, *History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours* (1772). Fueron obras pioneras de lo que entonces era una investigación de vanguardia, pero, con todo, se presentaban como "historias". Priestley fue uno de los muchos que consideraban que el desarrollo histórico formaba una parte natural de su ciencia, un balance de lo que se había ya logrado y de los problemas que seguían sin resolverse. De esa forma se concedía a la historia un papel en las ciencias de la época. De total acuerdo con Priestley, el astrónomo francés e historiador de la astronomía Jean-Sylvain Bailly consideraba la historia de la ciencia un informe de "lo que hemos hecho y lo que podemos hacer".[2]

[1] Sailor (1964), reimpreso en Russell (1979), pp. 5-19. Cf. también Hunter (1981).
[2] Bailly (1782), vol. 3, p. 315.

Para Priestley y sus contemporáneos, la historia de la ciencia era primordialmente un instrumento, cuyo valor se hallaba ligado al progreso de las investigaciones que se llevaban a cabo en esa época.

> Los grandes conquistadores –leemos– fueron animados y también, en gran medida, formados por la lectura de las hazañas de otros conquistadores anteriores. ¿Por qué no íbamos a poder esperar que la historia de la filosofía tuviera esos mismos efectos en los filósofos?... En tal caso, un profundo conocimiento de todo lo que se ha hecho antes de nosotros no puede sino facilitar grandemente nuestro progreso futuro, si es que no resulta algo absolutamente necesario para él. Estas historias resultan, a lo que parece, mucho más necesarias en un estado avanzado de la ciencia, de lo que lo son en su infancia. En la actualidad, los descubrimientos filosóficos son tantos, y las exposiciones que de ellos se hacen se hallan tan dispersas, que no se halla al alcance de hombre alguno llegar a conocer todo lo que se ha hecho para obtener los cimientos de sus propias investigaciones. Estas circunstancias, a mi juicio, han retrasado mucho el progreso de los descubrimientos.[3]

Como consecuencia natural de esta actitud, así como de la creencia general que reinaba durante aquel periodo en el progreso, la historia de la ciencia tomó in-

[3] Priestley (1775), pp. VI-VII.

equívocamente los rasgos de la historia del progreso.

> He hecho que sea para mí una regla, que creo haber cumplido siempre, no señalar nunca los errores, equivocaciones y disputas de los electricistas... Todas las discusiones que no han contribuido para nada al descubrimiento de la verdad, las echaría yo de buena gana al olvido eterno. Si de mí dependiera, la posteridad no sabría nunca que existía algo parecido a la envidia, los celos o las críticas malévolas entre los admiradores de mi disciplina favorita.[4]

Mientras Priestley utilizaba la historia de la ciencia al servicio de la ciencia de su época, otros la utilizaban como contribución al debate sobre la metodología y normas correctas de la nueva ciencia. Un ejemplo temprano y clásico de ello es la obra de Thomas Sprat *History of the Royal Society,* que data de 1667. El objetivo más importante de esta obra no era hacer una relación objetiva e histórica de la fundación de la Royal Society, sino desempeñar un papel polémico y político. En 1667, la Royal Society contaba sólo con cinco años de vida como institución oficial, pero había nacido a consecuencia de las obras y deseos de una serie de grupos informales que existían ya desde 1640, aproximadamente. Los métodos, ideales y formas de organización que tenía que perseguir la nueva ciencia eran objeto de grandes discusiones alrededor de 1670. La *History* de Sprat era una aportación a este debate, dirigido más al futuro que al pasado. Como Sprat identificaba determinadas fuentes (Wilkins, Boyle, Bacon y otros) como antepasados espirituales de la Royal Society, descartando la significación de otros (Descartes y Gassendi, en particular), y como la obra de Sprat logró un rango de autoridad, estableció la visión de la ciencia que había de seguir en el futuro la Royal Society. Ésta, así como las actividades que se relacionaban con ella, tenían que basarse en una visión empírica de la ciencia y no en las ideas más deductivistas adoptadas por pensadores continentales como Descartes.

Deberíamos notar que en los siglos XVII y XVIII la palabra "histórico" se utilizaba muchas veces en un sentido distinto de aquel en el que la empleamos hoy día. Un "fenómeno histórico" significaba frecuentemente un fenómeno concreto, objetivo, e "historia" significaba simplemente una relación de las condiciones objetivas, sin que fuera necesario que pertenecieran al pasado. Por ejemplo, las referencias que hacía Bacon a las "historias" que debe investigar la ciencia del futuro trataban de temas o campos de investigación concretos. Hemos conservado este significado de la palabra historia en el término historia natural.

La verdadera perspectiva histórica de que el estudio del pasado tiene gran valor en sí mismo y por lo tanto no requiere ninguna legitimación respecto al presente, apenas existía antes del siglo XIX. Había, desde luego, determinados pensadores, en particular el filósofo italiano Giambattista

[4] *Ibidem*, p. XI.

Vico (1668-1744), que hacían hincapié en el valor de la perspectiva histórica. Pero el pensamiento de Vico permaneció aislado a lo largo del siglo XVIII, que, por el contrario, se caracterizó por una tendencia que deberíamos llamar antihistórica. El Siglo de las Luces veía la historia como instrumento del progreso en su lucha contra el viejo orden feudal. Sólo los desarrollos recientes merecían interés, mientras que al pasado se le consideraba, por lo general, irracional e inferior. Leibniz fue uno de los muchos que creían que el estudio de la historia de la ciencia podía contribuir a un mayor reconocimiento de cómo habían surgido las ideas científicas. Contemplaba la historia de la ciencia como una contribución a la formulación de la *ars inveniendi,* con la que soñaban él y otros muchos:

> Resulta muy ventajoso llegar a conocer las verdaderas fuentes de los grandes descubrimientos, en particular los que se hicieron no por casualidad, sino por reflexión. A consecuencia de ello, no sólo expresa la historia de la ciencia su agradecimiento por lo que aportó cada individuo (es decir, el establecimiento de unos hechos históricos objetivos) animándose así otros a adquirir una reputación semejante (es decir, un gran modelo que sirve de incentivo a otros), sino que también el *arte de descubrir (ars inveniendi)* se extiende cuando uno ve cuáles son los pasos que ha dado la investigación a través de ejemplos destacados.[5]

[5] Leibniz (1849-1863), vol. 5, p. 392.

Aunque la idea de una lógica de los descubrimientos se fue desacreditando poco a poco, la función ejemplificadora de la historia de la ciencia –esto es, que la investigación moderna puede aprender de la aclaración histórica de cuáles fueron los éxitos y los fracasos de las investigaciones precedentes– siguió siendo un tema importante. Un siglo más tarde, William Whewell se distanciaba de la idea de que hay una lógica de los descubrimientos tal como la entendía Leibniz. Pero Whewell consideraba también que el estudio de la historia de la ciencia estaba justificado por unas razones parecidas. En 1837 escribía lo siguiente:

> El examen de los pasos a través de los cuales llegaron nuestros antepasados a nuestro estado intelectual... puede enseñarnos cómo mejorar y aumentar nuestro bagaje... y proporcionarnos alguna indicación sobre el modo más prometedor de dirigir nuestros esfuerzos en el futuro, de modo que lo engrandezcamos y completemos. La intención original que hizo surgir la presente obra fue deducir unas enseñanzas de ese estilo de la historia pretérita del conocimiento humano.[6]

La profunda fe en el progreso y la ciencia, que constituyó un rasgo característico de la cultura del siglo XVIII, recibió también expresión en los escritos acerca de la historia de la ciencia. En el último cuarto de siglo se publicaron muchas obras históricas, que

[6] Whewell (1837), vol. 1, p. 42.

incluían estudios de los desarrollos generales de determinadas ciencias, biografías históricas y estudios sobre periodos de tiempo más breves. Bailly escribió la historia de la astronomía en una serie de obras realizadas entre 1775 y 1782. Y entre 1771 y 1788 Haller publicó una colección de unas llamadas "bibliotecas", que eran unos análisis históricos de las vidas y obras de los primeros científicos y filósofos.[7]

La historia de la ciencia durante el Siglo de las Luces se vio marcada por un optimismo científico y social de lo más ingenuo, que no se hallaba en situación de reconocer a la ciencia como fenómeno histórico propiamente dicho. Los puntos fuertes de la historia de la ciencia de esa época estriban en detalles de cronología y en repasos generales del asunto, pero no en la reflexión histórica. Se pensaba que el surgimiento de la ciencia moderna se debía a la sed de conocimiento congénita en la raza europea, cualidad que no podía hallar expresión científica sino en relación con la rebelión ante lo que se consideraba la autoridad represiva de la Iglesia. Una vez surgida, a la ciencia no se la podía hacer retroceder y pronto alcanzaría la perfección. Muchos filósofos del Siglo de las Luces –incluidos personalidades como Diderot, Turgot y Condorcet– pensaban que ese estado de perfección se había conseguido ya en física y astronomía, campos en los que no quedaba más que rellenar los detalles. La falta de una conciencia histórica era consecuencia también de las ideas dominantes en torno al conocimiento, en particular de las ideas racionalistas de Descartes, adoptadas en muchos terrenos por los filósofos franceses. Según la epistemología cartesiana, el conocimiento era puramente reflexivo y racional, una abstracción universal y ahistórica. La propia razón no podía ser contingente en punto a la historia, lo que quitaba cualquier apoyo a una historia propiamente dicha de las ideas y de la ciencia.

La corriente romántica que se difundió por la filosofía natural del norte de Europa, a finales del siglo XVIII, tuvo también alguna influencia sobre la historiografía de la ciencia. El romanticismo en general implicaba un sentido más profundo de la historia que el que era normal durante los siglos XVIII y XIX. Entre otras cosas, a la historia se la consideraba de manera más relativa, es decir, se reconocía el valor específico y las causas innatas de cada periodo y de cada cultura. Los pensadores románticos tenían muchas veces una comprensión muy clara de lo que se conoce con el nombre de *historiografía diacrónica,* basado en la idea de que al pasado se le ha de juzgar según sus propias premisas. Ello queda patente, por ejemplo, en su actitud benévola ante la Edad Media y ante unas formas de conocimientos tan poco ortodoxas como la astrología y la alquimia. Así, Orsted hacía un estudio de la filosofía natural de la Edad Media que era claramente crítico, pero, a diferencia de la actitud que prevaleciera durante el siglo XVIII, se caracterizaba por cierta dosis de simpatía. "La alquimia

[7] Una información bibliográfica exhaustiva aparece en Engelhardt (1979).

–dice Orsted– no constituía un elemento ideado de manera fortuita, sino absolutamente fundamental en la física por entonces reinante. Todos los filósofos naturales buscaban la piedra filosofal, pues no existía por aquel entonces otra física ni podía surgir ninguna otra...”[8]

No obstante, los *Naturphilosophen* más importantes enseñaron una teoría de la historia que se basaba en una visión intuitiva, especulativa del espíritu del tiempo. Era una teoría que se hallaba opuesta a la historiografía crítica y sistemática que se desarrolló a finales del periodo romántico. La precisión, los métodos de crítica de las fuentes y la responsabilidad en lo concerniente a los hechos históricos, no eran considerados por los románticos virtudes de ningún tipo. Henrich Steffens (1773-1845) pensaba que esos esfuerzos eran algo destructivo para la historia en cuanto idea. “Hay especialistas de la historia –escribía– que piensan que no han de hallar descanso hasta que no hayan seguido la majestuosa corriente de las turbulencias de la historia hasta parar en las charcas más sucias, y eso es lo que ellos llaman estudio de las fuentes.”[9] En sus *Philosophical Lectures* programáticas realizaba una crítica parecida, recomendando en ellas al historiador y al naturalista un enfoque totalista. Sobre la sensación o intuición de que el verdadero filósofo se une con el todo de la naturaleza en tiempo y en espacio dice lo siguiente:

> Los periodos de tiempo cuyas maneras de pensar o cuya existencia externa eran bastante distintas de las nuestras nos resultan comprensibles a través de ésta. Si nos rendimos a ella, renunciaremos al postulado intelectual de la razón que dice que ha de convertirse en norma absoluta nuestra propia época y su manera de pensar; nos dará los órganos de los tiempos que se hallan ocultos en el pasado.[10]

A consecuencia de la profesionalización y organización de la vida científica que se asentó durante el siglo XIX, surgió cierto interés por la historia de la ciencia. Pero se trataba de un interés dirigido primordialmente hacia asuntos técnicos y de especialistas. Las ciencias naturales, que cada vez se iban tornando más arrogantes, se iban distanciando de las humanidades, produciéndose, consecuentemente, un cisma entre la historia de la ciencia y campos como el de la filosofía, la historia de la civilización y la teoría de la historia. La sensación de que la filosofía puede aprender de la historia de la ciencia, mientras que ésta no tiene nada que aprender de la filosofía fue generalizándose. Ello queda bien ejemplificado en la figura de Whewell, que se burlaba de los ejemplos de la lógica tradicional diciendo que eran “tan inconsistentes que parecen un remedo de búsqueda de la verdad, y tan monótonos que parecen inútiles variaciones del mismo tema”.[11]

[8] Traducido de Orsted (1856), p. 122.
[9] Citado de Engelhardt (1979), p. 112.
[10] Steffens (1968), p. 28.
[11] Whewell (1867), p. 186.

La seguridad, tantas veces arrogante, en los métodos y posibilidades de la ciencia que acompañaba a la corriente positivista del siglo XIX acabó convirtiéndose en una forma relativamente ahistórica de historia de la ciencia. Al considerar inequívocos y universales los métodos de la ciencia, la perspectiva histórica se reducía y el interés se centraba en la ciencia contemporánea y sus inmediatas predecesoras. Así lo afirmaba explícitamente Justus Liebig (1803-1873), el gran químico: "si resulta *imposible* juzgar lo que es *mérito* y lo que es *culpa* en el campo de las ciencias naturales, tampoco será posible hacerlo en ningún otro campo, por lo que la investigación histórica se convierte en una actividad vana e inútil".[12]

Durante los siglos XVIII y XIX era habitual que los científicos incluyeran en sus obras una "introducción histórica", en la que resumían la prehistoria del tema e insertaban así su obra dentro de la tradición; al mismo tiempo, hacían hincapié en la originalidad y significación de su propia obra. Un ejemplo de ello es el "repaso histórico" de Darwin, incluido en las últimas ediciones de su *El origen de las especies.* En este repaso hacía un estudio histórico y una evaluación del concepto de evolución desde Lamarck hasta sus propias aportaciones.[13] Este tipo de introducciones históricas son muchas veces documentos de interés para los historiadores modernos, pero, naturalmente, habría que leerlos desde una perspectiva crítica. Muchas veces revelan más cosas acerca de su autor que sobre la historia del tema en cuestión.

Isaac Todhunter (1820-1884), que escribió una serie de historias de las matemáticas y la física, puede ejemplificar muy bien el historiador especializado de la ciencia típico del siglo XIX.[14] Sólo en virtud de su alcance y de la riqueza de detalles que contienen, estas obras tan voluminosas resultan de provecho incluso hoy en día, como manuales de consulta, pero su nivel técnico las hace ilegibles para los que no sean matemáticos y difícilmente podría considerárselas una *historia* de la ciencia según los criterios modernos. Las obras de Todhunter resultan representativas de un tipo de historia de la ciencia que existió durante por lo menos doscientos años: los científicos profesionales escriben obras sobre la historia de sus materias en relación con su estatus actual. La mayoría de estas obras, en gran medida, pasaban por alto (y siguen haciéndolo) la perspectiva histórica y se centraban de manera parcial en realizar un estudio preciso de especialista. Sólo unos cuantos eruditos destacados lograron combinar la experiencia del especialista con un verdadero sentido y conocimiento de la historia. Hoy día casi no existe ya esa feliz combinación.

William Whewell (1794-1866), al que a veces se ha llamado el primer historiador moderno de la ciencia, intentó realizar un balance global del desarrollo histórico de

[12] Liebig (1874), p. 256.
[13] Darwin (1872).
[14] Todhunter (1861), Todhunter (1865), Todhunter (1873).

las ciencias deductivas.[15] Para Whewell, como en general para toda esta época, la ciencia era un fenómeno puramente europeo que no le debía nada a otras culturas ni a otras épocas. Pero Whewell no daba explicación alguna de por qué había de vincularse la ciencia con el pensamiento europeo, o de por qué surgió en los siglos XVI y XVII. Su objetivo consistía más bien en desarrollar una comprensión filosófica de las ciencias y no en entenderlas en su contexto histórico. La especialidad original de la historia, esto es, el estudio de las fuentes primarias, por ejemplo, quedaba fuera del programa de Whewell, que se basaba en una lectura exhaustiva, pero en cierto modo al azar de las fuentes contemporáneas. En vez de utilizar simplemente la historia de la ciencia como una colección de ejemplos de tesis filosóficas, quería basarse en la historia o incluso sacar de ella una metodología precisa de la ciencia. Sostenía que la historia es la única fuente admisible de todo conocimiento filosófico de la ciencia. Esta teoría recibe a veces la denominación de "historicismo" por oposición al "logicismo", según el cual los criterios lógicos determinan la filosofía de la ciencia, mientras que la historia resulta, en principio, irrelevante. Un contemporáneo de Whewell, el filósofo John Stuart Mill (1806-1873), mantenía una postura muy cercana al logicismo.[16]

El tipo de historia de la ciencia de Whewell es muy representativo de la orientación filosófica de la historia que adoptaron y desarrollaron a finales de siglo particularmente los especialistas que recibían la inspiración del positivismo. Mach, Berthelot, Ostwald y Duhem eran científicos destacados que combinaban los puntos de vista científicos con un interés, de origen filosófico, por la historia de la ciencia. Teniendo en cuenta la visión ahistórica de la ciencia que el positivismo lógico convirtió posteriormente en virtud, resulta notable considerar hasta qué punto el positivismo hizo en sus comienzos un uso activo de la historia de la ciencia en sus argumentaciones. El interés que tenía Ostwald por la historia de la ciencia se reveló en la publicación que hizo de una serie de reimpresiones de contribuciones clásicas a la física y la química, la llamada *Ostwald's Classic.*[17] Esta serie empezó a publicarse en 1889 y, desde entonces, comprende más de 250 volúmenes de textos originales en traducción. La intención que tenía Ostwald al publicar estos volúmenes era la de dar a los científicos un acceso fácil a las publicaciones de originales de sus predecesores, de manera que no tuvieran que limitarse a leer extractos o versiones de segunda mano de las mismas. Veinte años más tarde, Karl Sudhoff empezó a publicar una serie paralela de clásicos médicos.[18]

La integración de ciencia, filosofía e historia es todavía más marcada en Ernst Mach (1838-1916), físico y filósofo austriaco. Mach era de la opinión de que el método histórico era el más adecuado si

[15] Whewell (1837), Whewell (1840).
[16] Mill (1843). Cf. Losee (1983).
[17] Ostwald (1889).
[18] Sudhoff (1910).

se tenía la intención de hacerse con una idea del método científico. *Die Mechanik,* posiblemente la obra más importante de Mach, se caracteriza por mostrar su visión de la historia de la ciencia.[19] La intención del autor es, ante todo, de índole filosófica, pues entabla un diálogo con los científicos del pasado, mediante el cual critica sus métodos y desarrolla su propia epistemología, así como su propia metodología. La famosa crítica que hace Mach al concepto de causalidad y a la teoría newtoniana del espacio y el tiempo es consecuencia de este método histórico-crítico. Dicho método le descubrió a Mach que la mecánica de Newton, lejos de ser absoluta y completa, es un "accidente de la historia". Mach definía su visión de la función de la historia de la ciencia en los siguientes términos:

> Reconoceremos también que la comprensión histórica de una ciencia requiere no sólo un conocimiento de las ideas que han admitido y cultivado los maestros posteriores, sino también que los pensamientos desechados y fugaces de los investigadores, por no hablar de las propias nociones equivocadas, pueden ser muy importantes e instructivos. Resulta de lo más necesario la investigación histórica del desarrollo de la ciencia, a menos que los principios atesorados en ella se conviertan en un sistema de preceptos entendidos a medias o, lo que es peor, en un sistema de *prejuicios.*
>
> La investigación histórica no sólo promueve la comprensión de lo que hay en la actualidad, sino que además pone ante nosotros nuevas posibilidades, al demostrar que lo que existe es en gran medida *convencional* y *accidental.* Desde el punto de vista superior, en el que convergen distintos pasos de pensamiento, podemos mirar a nuestro alrededor con una visión más libre y descubrir rutas hasta entonces desconocidas.[20]

Desde mediados del siglo pasado empezó a desarrollarse una historiografía históricamente más consciente que la que se podía encontrar en Whewell y Mach. Ello se produjo por obra de unas influencias tan heterogéneas en su origen como Hegel, el romanticismo y el nuevo método histórico que desarrollara la escuela de Berlín (Leopold von Ranke, Barthold Niebuhr). Entre otras cosas, Ranke (1795-1886) subrayaba la objetividad y autonomía del conocimiento histórico y el hecho de que el pasado debía entenderse sobre la base de sus propias premisas y no de las contemporáneas. Puso también los cimientos de la crítica sistemática de las fuentes, con la necesidad que ello conlleva de realizar un exhaustivo examen de las fuentes y una precisión en las referencias. La nueva historiografía científica iba dirigida, a todas luces, a las profesiones históricas de la época –principalmente la historia política y diplomática– y no a la ciencia, que no se

[19] Mach (1960). Sobre la concepción que tenía Mach de la historia de la ciencia, véase Blüh (1968) y Hiebert (1970).

[20] Mach (1883), citado de la traducción inglesa de 1960, p. 316.

consideraba una disciplina histórica. Pero los patrones de la escuela de Berlín influyeron también sobre algunos historiadores de la ciencia. Puede rastrearse su influjo en la historiografía de la química, por dar sólo un ejemplo. Así, Hermann Kopp (1817-1892) criticaba la simple historiografía cronológica y su tendencia a presentar todo el progreso de la química en una escala lineal orientada hacia el presente.[21] Su contemporáneo, el historiador francés de la química, Ferdinand Hoefer (1811-1878), hizo asimismo un uso considerable del método crítico.[22] Basaba su obra en el estudio de los textos originales, incorporaba fuentes de la historia de la medicina, el arte y la tecnología, y adoptaba una actitud crítica ante la literatura obsesionada con el progreso. El uso que hacía Hoefer del moderno método crítico no era, sin embargo, nada típico del siglo XIX, pues todavía no se reconocía la necesidad de unos requisitos tan básicos como el dar unas referencias precisas y distinguir entre fuentes primarias y secundarias. La *Mechanik* de Mach, mencionada anteriormente, resulta típica en este sentido. Mach basaba su libro en una lectura global de los textos originales, pero en sus múltiples citas no se toma la molestia de indicar de dónde proceden.

En contraste con el tema indicado, la historia analítica de las distintas disciplinas, está la historia sintética de la ciencia, en la que se subraya la unidad de la ciencia y su interrelación con otras partes de la vida social y cultural. De acuerdo con su programa positivista, Auguste Comte (1798-1857) hablaba a favor de este tipo de historia de la ciencia. En 1832, aunque no lo lograra, habló en defensa de la creación de una cátedra de historia de la ciencia en el Collège de France: esa cátedra, la primera de ese tipo en todo el mundo, se creó por fin en 1892, concediéndosele a un leal seguidor de Comte.[23] El padre del positivismo escribía:

> Sólo ahora tendría sentido crear esa cátedra, pues hasta el momento presente las diversas ramas de la filosofía natural no han adoptado su carácter definitivo ni han mostrado sus diferentes conexiones... En el actual estado de nuestro conocimiento, el saber humano, en lo que a sus partes positivas se refiere, puede considerarse, pues, una unidad y, *en consecuencia,* puede entenderse *posteriormente* su historia. Pero la historia de la ciencia, que resulta imposible sin esta unidad, tiene que procurar que esa unidad sea más completa y más neta.[24]

El programa de Comte para una historia positivista de la ciencia, como tantas ideas suyas, se quedó en un mero programa. Sin embargo, es muy importante, en parte

[21] Kopp (1843-1847).

[22] Hoefer (1842-1843). Detalles sobre la historiografía de la química en Weyer (1974).

[23] El profesor era cierto Pierre Laffitte, dirigente de la iglesia positivista de París, pero totalmente incompetente como historiador de la ciencia. Véase Paul (1976).

[24] Traducido al inglés de Fichant y Pécheur (1971), p. 52.

debido a que inspiró a otros historiadores posteriores, y en parte también porque contenía nuevas ideas. De este modo subrayaba Comte dos maneras básicamente distintas de presentar y entender la ciencia, a las que él llamaba el método histórico y el dogmático. Este último es esencialmente el método ahistórico del libro de texto, según el cual se supone que un tema científico es lógicamente claro y distinto de las demás disciplinas. Según Comte, por razones filosóficas y pedagógicas, se trata de algo necesario, pero no contribuye a la comprensión de la verdadera naturaleza de la ciencia. Lo que ocurre es que las historias especializadas de las distintas disciplinas por separado no tienen nada que ver con este objetivo, pues aíslan de manera artificial el desarrollo de las *ciencias* del desarrollo de la *ciencia,* que es el único objeto real del método histórico.

> El llamado modo de exposición *histórico,* aunque se le pudiera seguir rigurosamente en los detalles de cada ciencia en particular, seguiría siendo puramente hipotético y abstracto en el aspecto más importante, por cuanto consideraría aisladamente el desarrollo de dicha ciencia. Lejos de exponer la verdadera historia de la ciencia, tendería a dar una impresión totalmente falsa de la historia. Desde luego, yo estoy convencido de que la historia de la ciencia tiene una importancia máxima. Pienso incluso que no se conoce del todo una ciencia mientras no se conoce su historia. Pero se ha de considerar que un estudio de ese tipo es totalmente distinto del estudio dogmático de la ciencia, sin el cual resultaría incomprensible la historia.[25]

De ese modo, la relación existente entre los enfoques histórico y dogmático es, según Comte, dialéctica: para entender una ciencia, se ha de entender su sociología y su historia; pero para entender la historia y evitar que ésta se convierta y degenere en un montón de material sin vida, es fundamental un conocimiento de la doctrina científica. El orden dogmático o lógico servirá de marco teórico para una interpretación de la historia.

La teoría de Comte del desarrollo de la ciencia tenía una auténtica perspectiva histórica. Aunque su filosofía era un cultivo del progreso cuyo objetivo más alto era la ciencia positivista, no consideraba que la alquimia, la astrología, la cábala, etc., fueran simples errores y obstáculos en el camino hacia la verdad científica. Por ejemplo, prestaba atención al hecho de que la "oscura" Edad Media constituyó un estadio necesario en el desarrollo cultural de la humanidad y que había que considerarla con simpatía, como un periodo con derecho a existir por sí mismo. Esta rehabilitación de la ciencia de la Edad Media habría que verla a la luz del intento impresionante que realizó el siglo XVIII de pintar a la Edad Media como un *temps ténébreux* (o, como diría luego Whewell, un "sopor de la siesta"), y ese intento culminó con éxito. Este retrato era típico de Voltaire y de los

[25] Comte (1830), según la traducción inglesa de Andreski (1974), p. 52.

Enciclopedistas franceses, quienes, de ese modo, subrayaban la singularidad y el progresismo de la nueva ciencia.

Aunque Comte defendía un enfoque histórico de la ciencia, sus aportaciones a la historia de la ciencia fueron superficiales y de un valor dudoso. Además, para Comte la historia de la ciencia tenía sólo interés en la medida en la que podía relacionarse con un sistema filosófico general. Para él, las fuentes y los datos históricos desempeñaban un papel secundario, lo mismo que ocurría con otros filósofos de sistema del siglo XIX (Spencer, Mill, Hegel, Engels y Dühring, por ejemplo).

Los fundadores del socialismo moderno, Marx y Engels, eran conscientes, a todas luces, del mito, sin fundamento histórico e ideológicamente cómodo, de la Edad Media oscura. Debido a este mito, "se hizo imposible una perspectiva racional de la gran continuidad histórica y la historia lo más que pudo fue servir como una colección de ejemplos e ilustraciones para uso de los filósofos".[26] Los rudimentos de una historia materialista de la ciencia, como pueden encontrarse en las obras de Marx y Engels, no se desarrollaron durante el siglo XIX, época en la que los historiadores ignoraron generalmente las relaciones mutuas existentes entre desarrollo científico y desarrollos económicos y políticos. Bien es cierto que hubo unas cuantas excepciones a esta regla, especialmente en los escritos de historia de la química y la medicina. Merece la pena mencionar al químico angloalemán Carl Schorlemmer (1834-1892), íntimo amigo de Marx y Engels, y defensor del socialismo marxista. Schorlemmer utilizó partes de la teoría marxista, tanto del materialismo histórico como del dialéctico, en una obra suya acerca de la historia de la química orgánica.[27] Fue la primera obra de la historia de la ciencia que puede llamarse con razón marxista y fue la única durante medio siglo.

A finales del siglo XIX, se dio una tendencia entre algunos científicos a subrayar de manera partidista el método de la ciencia a expensas de los métodos dominantes en las humanidades, incluida la historia. Eminentes científicos como Wirchow, Haeckel y Ostwald sostuvieron la idea de que el estudio de la historia tenía que ser cambiado de manera radical y de que había de subordinarse a la nueva cultura dominada por la ciencia. Sin estar influidos en absoluto por Marx, hablaban con desdén de la "historia burguesa" tradicional, que se polarizaba en reyes, guerras y diplomacia. Querían sustituir esta historia por otra universal basada en el progreso de la ciencia. Naturalmente, los historiadores profesionales reaccionaron ferozmente contra lo que ellos entendían que eran unas pretensiones arrogantes y agresivas de la ciencia. En Alemania, historiadores como Droysen, Dilthey y Meinecke se encargaron de subrayar que la historia era una disciplina humanística, una *Geisteswissenschaft,* cuyos métodos y objetivos eran incompatibles con los de las

[26] Engels (1886), citado aquí según la traducción danesa, Marx y Engels (1971), vol. 2, p. 372.

[27] Schorlemmer (1879).

ciencias naturales. La aguda distinción que pretendía separar los dos tipos de conocimientos resultó un factor que contribuyó al hecho de que los historiadores oficiales, en su inmensa mayoría, ignoraran la historia de la ciencia y de la cultura. Estos campos quedaron relegados, por el contrario, a los científicos y a los historiadores aficionados. Naturalmente, a la historia de la ciencia se le otorgó un papel fundamental en la visión que tuvieron los científicos alemanes de una historia universal de la cultura. El fisiólogo y físico Emil du Bois-Reymond (1818-1896) llegó a concluir, de esta forma, que "la ciencia natural es el órgano absoluto de la cultura y la historia de la ciencia la historia propiamente dicha de la humanidad".[28]

Se escribió cierta cantidad de historia de la ciencia por motivos patrióticos, con la intención de llamar la atención sobre la excelencia de la ciencia de una nación o como argumento en defensa de exigencias de prioridad nacional. Raoul Jagnaux (1845-?), por ejemplo, presentaba la química como una ciencia esencialmente francesa. Los historiadores y químicos franceses se dedicaron a un culto casi religioso de Lavoisier, al que no sólo se le consideraba el fundador de la química, sino también un símbolo del poderío francés.[29] Muchos alemanes minimizaron el significado histórico de Lavoisier y subrayaron, en cambio, el papel de los primeros químicos alemanes como Paracelso y Stahl. Esta historia arraigada en motivaciones nacionalistas daba a entender que la ciencia se había convertido en un emblema de prestigio, en un factor ideológico de importancia nacional. La historia de la ciencia desempeñó también su papel en el conflicto surgido entre clericalismo y liberalismo. En varias obras históricas, la Iglesia se vio acusada de ser enemiga del progreso científico, y por ende, también se le suponía enemiga del progreso humano.[30]

Estas actividades diseminadas no se organizaron hasta el paso de un siglo a otro y fue entonces cuando la historia de la ciencia empezó a asentarse como una profesión independiente. La primera conferencia internacional se realizó en París en 1900, viéndose seguida a continuación por una serie regular de congresos similares. Otro signo de profesionalización fue el establecimiento de sociedades nacionales para el estudio de historia de la ciencia. En Alemania se fundó en 1901 una *Gesellschaft für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften,* veintitrés años antes de que se fundara la *History of Science Society* norteamericana. En relación con estas sociedades, empezaron a aparecer varias revistas para la comunicación de las investigaciones históricas. En 1902 vieron la luz las *Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften,* y en 1908 Karl Sudhoff (1853-1938) fundó el *Archiv für Geschichte der Medizin,* conocido normalmente con el nombre de Sudhoff's Archiv.

28 Du Bois-Reymond (1886), p. 271. Cf. Mann (1980).

29 Jagnaux (1891). Véase asimismo Bensaude-Vincent (1983).

30 Draper (1875).

Al mismo tiempo se crearon las primeras cátedras de historia de la ciencia.

La profesionalización de la historia de la medicina se produjo poco antes de que le ocurriera lo mismo a la historia de la ciencia. Se dieron con regularidad cursos de historia de la medicina en varias universidades europeas desde mediados del siglo XIX. A partir de 1893, J. J. Petersen ostentó una cátedra de historia de la medicina en la universidad de Copenhague y en 1905 se creó en Leipzig un *Institut für Geschichte der Medizin*. En gran medida, la historiografía de la medicina se desarrolló independientemente del resto de la historia de la ciencia. Hoy día ha de considerársela aún una rama autónoma, con una serie de problemas e intereses que no comparten exactamente otros campos.[31]

Paul Tannery (1843-1904) fue probablemente el personaje más importante, como individuo, por lo que se refiere a la organización de la nueva historia de la ciencia. Tannery, más que ningún otro, es "el verdadero fundador del movimiento de la moderna historia de la ciencia".[32] Al igual que Comte, Tannery consideraba la historia de la ciencia una parte integrante de la historia general de la humanidad, y no sólo una serie de subdisciplinas pertenecientes a las diversas ciencias especializadas. Su actitud crítica ante las historias de las ciencias particulares que hasta entonces habían constituido la mayor parte de la historia de la ciencia, queda de manifiesto en el siguiente párrafo:

> En la medida en que un científico es tal, se ve sólo llamado a la historia de la ciencia particular a cuyo estudio se dedica; exigirá que esta historia se escriba con el mayor detalle técnico posible, pues sólo así le proporcionará los materiales que puedan serle de utilidad. Pero lo que requerirá particularmente será el estudio del curso de las ideas y de la cohesión de los descubrimientos. Su objetivo principal es redescubrir en su forma original la expresión del pensamiento preciso de sus predecesores, para compararlo con los suyos; y pretenderá también desentrañar los métodos que sirvieron para la construcción de las teorías existentes, para descubrir en qué punto y hacia qué meta ha de hacerse todo esfuerzo encaminado a la innovación.[33]

Este tema de las relaciones existentes entre la historia especializada de las diversas disciplinas y la historia general o sintética de la ciencia continúa siendo uno de los puntos más debatidos por los historiadores.

Un destacado químico y físico, y también filósofo de la ciencia, Pierre Duhem (1861-1916), se centró en el desarrollo de las ciencias físicas durante la Edad Media

[31] La bibliografía que trata la historia de la medicina es muy amplia. Para una introducción, véase Pelling (1983).

[32] Guerlac (1963), p. 807. Puede verse una información bibliográfica detallada sobre el desarrollo de la historia de la ciencia en Thackray (1980) y Corsi y Weindling (1983).

[33] Tannery (1912-1950), vol. 10, p. 106. Citado aquí de Hall (1969), p. 212.

y el Renacimiento. Duhem, devoto católico, intentó demostrar en una serie de obras importantes que la llamada revolución científica no fue más que una extensión natural de las teorías y métodos que habían desarrollado ya los eruditos medievales.[34] "Lo que generalmente se supone que fueron revoluciones intelectuales –escribía Duhem– casi siempre fueron tan sólo evoluciones lentas y preparadas desde hacía mucho tiempo... El respeto por la tradición constituye una importante condición previa para el progreso científico."[35] Duhem subrayó también el hecho de que las teorías y métodos de la Edad Media le debían mucho al cuadro del mundo que trazara el cristianismo. Su gigantesco proyecto no logró un reconocimiento inmediato y no lo continuaron otros historiadores hasta más tarde.

Duhem basaba sus estudios críticos en un estudio pormenorizado de los textos originales y estableció nuevos modelos de documentación precisa. Su teoría de la continuidad de la ciencia y de la importancia crucial que tuvo la Edad Media cristiana no ha dejado de recibir objeciones; pero sus argumentos y su documentación han desempeñado también un importantísimo papel en la moderna historia de la ciencia. Aproximadamente por la misma época que Duhem, el alemán Emil Wohlwill trabajó sobre los mismos periodos y problemas, llamando la atención sobre el significado de la ciencia de la alta Edad Media y del Renacimiento.[36] Las obras de Duhem y Wohlwill formaron luego la base de una escuela de historia de la ciencia, entre cuyos integrantes se cuentan A. Maier, A. C. Crombie y M. Clagett, que se centraron en los predecesores de la revolución científica.

La renovación de las actividades de la historia de la ciencia en torno al cambio de siglo se debió a los nuevos descubrimientos producidos en los terrenos de la arqueología, la antropología y la filología. Los descubrimientos de nuevas fuentes ampliaron los horizontes de la historia de la ciencia y revelaron la existencia de culturas científicas desconocidas hasta entonces, más antiguas incluso que los venerados griegos. Por citar sólo un ejemplo, el filólogo danés J. L. Heiberg (1854-1928) descubrió un manuscrito en Estambul, en 1906, lo que condujo a una manera completamente nueva de entender los métodos de Arquímedes en particular y de las matemáticas griegas en general.[37] De modo parecido, el conocimiento de las matemáticas y la astronomía egipcia y babilónica estaba muy en deuda con los desciframientos que llevaron a cabo a finales del siglo XIX arqueólogos y filólogos. Ya hacia el año 1800 los sabios británicos ligados a la Compañía de las Indias Orientales habían recogido y estudiado las fuentes primitivas de las matemáticas indias. Las matemáticas egipcias quedan al descubierto desde 1858, cuando el egiptólogo escocés A. Henry Rhind des-

[34] Duhem (1905-1907), Duhem (1906-1913), Duhem (1913-1959).
[35] Duhem (1905-1907), vol. 1, p. 111.
[36] Wohlwill (1909).
[37] Heiberg (1912).

cubrió una larga cinta de papiro llena de ejemplos matemáticos y reglas de cálculo.

Otro motivo de la renovación de la historia de la ciencia fue que justo entonces empezaba a reconocerse que la ciencia constituye un importante factor histórico, y así lo afirmaban incluso historiadores profesionales. J. T. Merz (1840-1922) puede destacarse como representante de estos primeros intentos de incluir la ciencia como una parte más del estudio general de la cultura.[38] Se escribieron bastantes historias de la ciencia, que aspiraban a ampliar su envergadura, según las ideas de Tannery, y que pretendían explorar y describir el desarrollo de la ciencia globalmente considerada. Estas obras, por ejemplo las de Dannemann y Darmstaedter, son grandiosos monumentos de la ambiciosa corriente que dominaba por aquel entonces, pero no han resultado de un valor muy duradero.[39]

Finalmente, alrededor del cambio de siglo, la historia de la ciencia se convirtió en objeto de creciente interés debido a su valor educativo. Muchos autores y maestros defendieron un método orientado científicamente para el estudio de las diversas disciplinas científicas. Unos cuantos llegaron incluso a ponerlo en práctica. En el campo de la física, el portavoz de esta tendencia fue Mach y poco después Dannemann y Grimsehl.[40] En Francia, Duhem defendió el método histórico como "la mejor manera, seguramente la única, para dar a los que estudian la física una visión clara y correcta de la complejísima y viva organización de esta ciencia".[41]

Concluiremos este esbozo del desarrollo de la historia de la ciencia mencionando al belga-estadounidense George Sarton (1884-1956). Sarton se hallaba influido por Comte y Tannery y pretendía institucionalizar una teoría parecida de la historia de la ciencia, es decir, una teoría en la que los elementos conductores fueran la unidad sintética y una fe en el progreso. Sarton escribió una serie de artículos en los que desarrolló su programa de lo que debía de ser la historia de la ciencia,[42] y trabajó de firme para organizar este campo como disciplina académica de acuerdo con estas coordenadas. Su teoría, al menos según los patrones modernos, era algo ingenua y sorprendentemente ahistórica.[43] Algunos de los puntos fundamentales del programa de Sarton eran los siguientes:

a) El estudio de la ciencia del pasado no tiene valor en sí mismo, pero se halla justificado simplemente por cuanto tiene que ver con la ciencia contemporánea y

[38] Merz (1896-1914).
[39] Dannemann (1910-1913); Darmstaedter (1906).
[40] Dannemann (1906); Grimsehl (1911).
[41] Duhem (1974), p. 269.
[42] Sarton (1936), Sarton (1948), Sarton (1952).
[43] Rupert Hall describe a Sarton como "hombre de erudición inmensa", pero añade que "no podemos más que preguntarnos, con todos los respetos, si era efectivamente un historiador". Hall (1969), p. 215. Según Thomas Kuhn, "los historiadores de la ciencia tienen con el difunto Georges Sarton una deuda inmensa por el papel que desempeñó para dejar bien asentada su profesión, aunque la imagen que propagó de su especialidad continúa haciendo mucho daño, por más que haya sido rechazada hace ya muchos años", Kuhn (1977), p. 148.

con la por venir. La historia de la ciencia puede y debe servir de inspiración a las investigaciones contemporáneas, actuando en ellas como moraleja. Por este motivo, en parte, es preciso que el historiador posea un buen dominio de la ciencia moderna, cuyos predecesores estudia.

b) La ciencia es "un conocimiento positivo sistematizado, o que ha sido considerado tal en diferentes épocas y lugares", con el teorema adjunto que dice que "la adquisición y sistematización del conocimiento positivo son las únicas actividades humanas que son verdaderamente acumulativas y progresivas".[44] Se supone que el historiador no debería criticar la ciencia del pasado por no responder a nuestros conocimientos actuales, antes bien debería valorar las contribuciones anteriores en relación a las que las precedieron; y al hacer su valoración debería centrarse en si el desarrollo en cuestión supuso un paso adelante o no. En qué medida se produjo esto sólo puede determinarse utilizando los modernos patrones de progreso y racionalidad. El moderno historiador de la ciencia es quien, basándose en estos patrones, determina cuándo estaba basada la ciencia del pasado en principios verdaderamente científicos y cuándo no era más que una pseudociencia. Por ejemplo, Sarton se negaba a tener en cuenta las teorías fisiológicas de Galeno por consideradas meras fantasías especulativas, lejos del conocimiento positivo que debería de ser la marca de garantía de la ciencia.

c) Aunque en principio habría que estudiar el desarrollo de la ciencia como parte integrante de las corrientes sociales y culturales de la época, las condiciones socioeconómicas no tienen, sin embargo, ningún influjo de fondo en la vida de la ciencia. El tipo de historia de la ciencia practicado y defendido por Sarton es internalista. Se centra en la ciencia como sistema aislado y autónomo, así como en los grandes genios que son los portadores de dicho sistema.

d) Contemplada en perspectiva histórica, la ciencia es un bien absoluto. Es la gran benefactora de la humanidad, verdaderamente democrática e internacional. El estudio de la historia de la ciencia no sólo contribuirá a evitar nuevas guerras, sino que edificará también puentes entre las culturas humanística y científico-técnica.

El programa de Sarton no fue llevado a cabo en la práctica y difícilmente lo será nunca. El propio Sarton escribió una enorme "introducción" de 4 200 páginas a la historia de la ciencia hasta el siglo xiv, pero ni ésta ni otras obras del mismo estilo grandioso han tenido una significación importante en la moderna historia de la ciencia.[45] En la práctica, los historiadores se han apartado de los ideales que Sarton destacaba, ideales que suelen oírse hoy día en los congresos y demás ocasiones rituales. La contribución perenne de Sarton a la historia de la ciencia fue, en particular, su enérgico intento, logrado en gran medida,

[44] Sarton (1936), p. 5.

[45] Sarton (1927-1948).

de conferir a esta disciplina la condición de profesión académicamente reconocida. Fue un propagandista incansable de la historia de la ciencia y logró unir a científicos humanistas y administradores en interesarse por el tema. Nos sentimos tentados a llamarlo el Bacon de la historia de la ciencia. Pero nunca su Newton.

Las contribuciones más importantes de Sarton se dieron en Estados Unidos, país en el que se ha enseñado historia de la ciencia en unas cuantas universidades desde finales del siglo XIX y en el que el clima ideológico era adecuado a sus teorías. Este interés tan temprano de los estadounidenses se hallaba ligado al deseo de atraer estudiantes a las ciencias naturales progresistas. En gran medida tenía un sentido propagandista y misionero. La historia de la ciencia debía servir como objetivo moral, tenía que ser una muestra resplandeciente del progreso triunfal de la razón científica en todo el orbe. Un prospecto de 1914, un año antes de que Sarton llegara a Estados Unidos, afirma que "una ojeada a las ciencias tiende a aumentar el respeto mutuo y a enaltecer los sentimientos humanitarios. La historia de las ciencias puede enseñarse a personas de todos los credos y colores, y no puede dejar de imbuir en los corazones de todo joven, hombre o mujer, fe en el progreso humano y benevolencia hacia toda la humanidad".[46]

Naturalmente, Sarton no fue el único organizador del movimiento de la nueva historia de la ciencia. Charles Singer (1876-1960), por lo menos, merece ser mencionado también. A él se debió la creación de un departamento de historia y métodos de la ciencia en el University College de Londres en 1923. La visión que tenía Singer de la historia de la ciencia coincidía bastante con la de Sarton.

Deberemos concluir nuestro esbozo de historia de la historia de la ciencia en este punto. En los capítulos que vienen a continuación se estudiarán algunas partes de su evolución posterior.

[46] Libby (1914). Citado aquí de Thackray (1980), p. 456.

REFERENCIAS

Andreski, S. (ed.), *The Essential Comte*, Londres, Croom Helm, 1974.

Bailly, J. S., *Histoire de l'astronomie moderne,* 3 vols., París, 1782.

Bensaude-Vincent, B., "A Founder myth in the History of Sciences? The Lavoisier case", en Graham, Lepenies y Weingart, 1983, pp. 53-78.

Blüh, O., "Ernst Mach as an Historian of Physics", *Centaurus,* 1968(13):62-84.

Corsi, P. y P. Weindling (eds.), *Information Sources in the History of Science and Medicine,* Londres, Butterworths, 1983.

Crombie, A. C. (ed.), *Scientific Change,* Londres, Heinemann, 1963.

Dannemann, F., *Quellenbuch zur Geschichte der Naturwissenschaft in Deutschland*, Leipzig, 1906.

———, *De Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammehang*, 4 vols., Leipzig, 1910-1913.

Darmstaedter, L., *Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Thechnik,* Berlín, 1906.

Darwin, C., *On the Origin of Species,* 6a. ed., Londres, 1872.

Draper, J. W., *History of the Conflict between Religion and Science*, Nueva York, 1875.

Du Bois-Reymond, E., *Reden,* Leipzig, 1886.

Duhem, P., *Les Origines de la Statique*, 2 vols., París, 1905-1907.

———, *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vols., París, 1906-1913.

———, *Le Systéme du Monde,* 10 vols., París, 1913-1959.

———, *The Aim and Structure of Physical Theory,* Nueva York, Atheneum, 1974. [Publicado originalmente en París en 1906. Traducción al español de *La théorie physique, son object, sa structure* (1914), Barcelona, Herder, 2003.]

Durbin, P. T. (ed.), *A Guide to the Culture of Science, Technology and Medicine,* Nueva York, Free Press, 1980.

Engelhardt, D., *Historisches Bewusstsein in der Naturwissenschaft,* Alber, Freiburg, 1979.

Engels, F., *Ludwig Feuerbach und der ausgang der klassischen deutschen philosophie*, Stuttgart, 1886. [Edición en español: *Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana*, Madrid, Ricardo Aguilera, 1969.]

Fichant, M. y M. Pécheux, *Om Vetens Kapernas Historia,* Estocolmo, Bo Cavefors, 1971. [Traducción sueca de *Sur L'histoire des Sciences,* París, Maspéro, 1969.]

Graham, L., W. Lepenies y P. Weingart (eds.), *Functions and Uses of Disciplinary Histories,* Dordrecht, D. Reidel, 1983.

Grimsehl, E., *Didaktik und methodik der physic,* Munich, 1911.

Guerlac, H., "Some Historical Assumptions of the History of Science", en Crombie, 1963, pp. 797-812.

Hall, A. R., "Can the History of Science be History?, en *British Journal for the History of Science,* 1969;4:207-220.

Heiberg, J. L., *Naturwissenschaften und Mathematik im Klassischen Altertum*, Leipzig, Teubner, 1912.

Hiebert, E. N., "Mach's Philosophical use of the History of Science", en *Historical and Philosophical Perspectives on Science,* Stuewer, 1970, pp. 184-203.

Hoefer, F., *Histoire de la chimie,* 2 vols., París, 1842-1843.

Jagnaux, R., *Histoire de la chimie,* París, 1891.

Kopp, H., *Geschichte der chemie*, 4 vols., Braunschweig, 1843-1847.

Kuhn, T. S., *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago, University of Chicago Press, 1977. [Edición al español: Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1983.]

Leibniz, G. W., *Mathematische Schriften*, Berlín, 1849-1863.

Libby, W., "The History of Science", *Science*, 1914;40:670-673.

Liebig, J. V., *Reden und abbandlungen,* Leipzig, 1874.

Losee, J., "Whewell and Mill on the Relation between Philosophy of Science and History of Science", en *Studies in History and Philosophy of Science,* 14; 1983: 113-126.

Mach, E., *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of its Development.*

Open Court, Illinois, La Salle, 1960. [Publicado originalmente en Leipzig, 1883; edición en español: *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica,* Madrid, Espasa-Calpe, 1959.]

Mann, G., “Geschichte als wssenschaft und wissenschaftsgeschichte bei du bois-Reymond”, en *Historische Zeitschrifti*, 1980;231:75-100.

Merz, J. T., *A History of European Thought in the Nineteenth Century*, 4 vols., Londres, 1896-1914. [Reimpreso en Dover, Nueva York, 1965.]

Mill, J. S., *A System of Logic,* 2 vols., Londres, 1843.

Orsted, H. C., *Anden i Naturen,* Copenhague, 1856. [Publicado originalmente en Copenhague, 1851; edición inglesa: *The Soul in Nature*, Londres, 1852.]

Ostwald, W. (ed.), *Klassiker der exakten naturwissenschaften,* Leipzig, 1889.

Paul, H. W., “Scholarships *versus* Ideology: the Chair of the General History of Science at the Collège de France, 1892-1913”, en *Isis*, 1976;67:376-398.

Pelling, M., “Medicine since 1500”, en Corsi, P. y P. Weindling (eds.), *Information Sources in the History of Science and Medicine,* Londres, Butterworths, 1983, pp. 379-409.

Priestley, J., *The History and Present State of Electricity,* Londres, 1775.

Russell, C. A. (ed.), *Science and Religious Beliefs,* Kent, Open University Sevenoaks, 1979.

Sailor, D. B., “Moses and Atomism”, en *Journal of the History of Ideas,* 1964;25:3-16. [Reimpreso en Russell, 1979, pp. 5-19.]

Sarton, G., *An Introduction to the History of Science*, 3 vols., Baltimore, Williams and Wilkins, 1927-1948.

———, *The Study of the History of Science,* Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1936.

———, *The Life of Science,* Nueva York, Henry Schuman, 1948.

———, *Horus. A Guide to the History of Science*, Waltham, Mass., Chronica Botanica, 1952.

Schorlemmer, C., *The Rise and Development of Organic Chemistry,* Manchester, 1879.

Steffens, H., *Indledning til philosophiske foreloesninger*, Copenhague, Gyldendal, 1968. [Publicado originalmente en Copenhague, 1803.]

Stuewer, R. H. (ed.), *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1970.

Sudhoff, K. (ed.), *Klassiker der Medizin*, Leipzig, 1910.

Tannery, P., *Mémoires Scientifiques*, 17 vols., París, Gauthier-Villars, 1912-1950.

Thackray, A., *History of Science*, en Durbin, 1980, pp. 3-69.

Todhunter, I., *History of the Calculus of Variations During the Nineteenth Century*, Cambridge, 1861.

———, *History of the Mathematical Theory of Probability*, Cambridge, 1865.

———, *A History of the Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth*, Cambridge, 1873.

Weyer, J., *Chemiegeschichtsschreibung von wiegleb (1790) bis partington (1970)*, Hildesheim, Gerstenberg, 1974.

Whewell, W., *History of the Inductive Sciences,* 3 vols., Londres, 1837. [Reimpreso en Londres, Cass, 1967.]

———, *The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded upon their History,* 2 vols., Londres, 1840.

———, "On the Influence of the History of Science upon Intellectual Education", en *Youmans*, 1867:163-189.

Wohlwill, E., *Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre*, 2 vols., Hamburgo, 1909.

CAPÍTULO 2

HISTORIA DE LA CIENCIA

HELGE KRAGH

Se acostumbra a distinguir entre dos niveles o significados distintos del término "historia". La historia (H_1) puede describir los fenómenos o acontecimientos concretos que se produjeron en el pasado; es decir, se trata de la historia objetiva. En expresiones como, por ejemplo, "a lo largo de la historia el conocimiento de la naturaleza que ha tenido la humanidad ha ido siempre creciendo", hay que entender la historia como "el pasado" o los fenómenos que acontecieron concretamente en el pasado. Pero como nuestro conocimiento de la realidad del pasado es tan sólo, o sólo podrá ser, limitado, la mayor parte de las cosas que acontecieron efectivamente quedará para siempre lejos de nuestra comprensión. La parte de la historia (H_1) que conocemos no sólo se limita en su extensión, sino que es además producto de un proceso de investigación que incluye las selecciones, interpretaciones e hipótesis que hace el historiador. No tenemos un acceso directo a H_1, sino tan sólo a partes de H_1 que se nos han transmitido a través de diversas fuentes.

Se utiliza también el término de historia (H_2) para el análisis de la realidad histórica (H_1), es decir, para la investigación histórica y sus resultados. El objeto de la historia (H_2) es, pues, la historia (H_1), del mismo modo que el objeto de las ciencias de la naturaleza es la naturaleza. Del mismo modo que nuestro conocimiento (científico) de la naturaleza se limita a los resultados de las investigaciones de la ciencia que no *son* la naturaleza, sino una interpretación teórica de ella, también nuestro conocimiento de los acontecimientos ocurridos en el pasado se limita a los resultados de la historia (H_2) que no *son* el pasado, sino una interpretación teórica del mismo. Filósofos positivistas radicales han sostenido que la existencia de una naturaleza objetiva es una ficción sin sentido y que es imposible distinguir entre naturaleza y nuestro conocimiento de ella. De la misma manera, algunos historiadores idealistas han afirmado que la distinción entre H_1 y H_2 es una ficción que no sirve para nada útil; que no existe ninguna historia real al margen de la que el historiador reconstruye a partir de sus fuentes.[1] No obstante, en el contexto

[1] "La distinción entre historia tal como ocurrió (el curso de los acontecimientos) e historia tal como

presente, no nos es preciso tomar en serio esta visión idealista de la historia. Aunque lo hiciéramos, difícilmente supondría ninguna diferencia práctica para la investigación histórica.

Suele emplearse muchas veces el término historiografía para H_2, para dar a entender los escritos que tratan de historia. En la práctica, la palabra historiografía puede tener dos significados. Puede querer decir simplemente escrito (profesional) de historia, es decir, tratados sobre los acontecimientos del pasado en cuanto escritos por historiadores; pero puede querer decir también teoría o filosofía de la historia, es decir, reflexiones teóricas acerca de la naturaleza de la historia (H_2). En este segundo significado, la historiografía es, por tanto, una metadisciplina, cuyo objeto es H_2; la historia puramente descriptiva no será en sí misma historiografía, sino que será el objeto de los análisis historiográficos.

La historia tiene que ver con las actividades humanas, preferentemente con aquellas que son socialmente pertinentes. Los factores no humanos se hallan, naturalmente, incluidos en la historia en la medida en la que hayan influido en las actividades humanas. Si nos interesa la historia de la agricultura en la alta Edad Media, por ejemplo, tendremos que tener en cuenta las variaciones climáticas que se produjeron en aquel periodo. El clima revela una evolución temporal, pero no histórica. Cuando hablamos de historia del clima o historia de las estrellas, lo hacemos en un sentido distinto y más trivial que cuando lo hacemos de la historia propiamente dicha, que se halla ligada exclusivamente al comportamiento humano y a la conciencia del hombre. Según Olaf Pedersen, a la historia de la ciencia no le interesan especialmente los problemas "históricos" en el sentido en que los utilizamos aquí. "La historia –dice– no es más que el estudio de un desarrollo en el tiempo de cualquier acontecimiento humano o de otro tipo a lo largo de una serie de condiciones sucesivas... construimos un punto de vista histórico en cuanto empezamos a organizar los acontecimientos tomando como parámetro el tiempo."[2] Sin embargo, esta actitud no capta el carácter distintivo de la historia y no cabe en ella en toda su envergadura la práctica histórica. Una exposición meramente cronológica de las diversas fases de un acontecimiento ("me desperté a las 6:30 de la mañana, desayuné a las 7, me fui a trabajar a las 7:40...") no es historia. Por otro lado, en los estudios históricos podría incluirse perfectamente una inmersión en el pasado, en la que la organización temporal puede no incluirse o no tener importancia.

Según muchos historiadores, podrían describirse los fenómenos en su individualidad condicionada por el tiempo y el espacio para que fueran específicamente históricos. Lo que se esconde tras esta fórmula es la idea de que los acontecimientos que

---

se piensa, la distinción entre la propia historia y la historia meramente experimentada, debe desaparecer; no sólo es falsa, sino que no tiene sentido", Oakeshott (1933), p. 93. Compárese la discusión que hay en Danto (1965), pp. 71 y ss.

[2] Pedersen (1975), p. 8.

son históricos son únicos en el tiempo y en el espacio debido a su localización en el pasado. Niels Bohr nació en Copenhague en 1885 y este acontecimiento es único en cuanto que no puede repetirse o generalizarse. Sin embargo, la pretensión de una individualidad condicionada por el tiempo y el lugar es demasiado lábil por cuanto no demarca efectivamente las ciencias históricas en relación con las ciencias naturales (por no hablar de las sociales). Esta demarcación metodológica, globalmente considerada, es muy difícil y, en cualquier caso, no puede basarse en la idea de que los acontecimientos históricos se hallan fijados exclusivamente en el espacio y en el tiempo. Además, es demasiado fuerte por cuanto implícitamente confina a la historia a interesarse por determinados sucesos que pueden situarse en un tiempo y en un lugar determinados. Además la historia se interesa también por fenómenos, relaciones, corrientes, analogías y estructuras a modo de leyes, que no pueden reducirse a un conglomerado de acontecimientos individuales y que no se hallan fijados por el espacio y por el tiempo. Se considerarán profundamente históricas en su significado afirmaciones como las siguientes: "Las innovaciones tecnológicas crean un crecimiento económico" o "la filosofía del siglo XVII se hallaba dominada por las ideas empiristas". Uno de los efectos, y tal vez la motivación oculta, de confinar la historia a acontecimientos únicos es que así aislamos la ciencia histórica de los puntos de vista sociológicos, psicológicos y económicos; aislamiento que, al decir de todos, prestará autonomía a la historia, si bien el precio de tal autonomía sea la esterilidad.

La segunda parte de la expresión "historia de la ciencia" se interesa por el tipo especial de comportamiento humano llamado ciencia. Al analizarlo, resultará de nuevo útil distinguir entre dos niveles.[3] Puede considerarse la ciencia (C_1) como una colección de expresiones empíricas y formales acerca de la naturaleza, como las teorías y datos que, en un determinado punto del tiempo, abarcan lo que se acepta como conocimiento científico. Según esta teoría, la ciencia será típicamente un producto acabado, tal como aparece en los libros de texto y en los artículos. Como realmente C_1 no es concebida como comportamiento humano, no es el tipo de ciencia que es de suponer que atraiga al historiador.

La ciencia que es históricamente pertinente (C_2) consiste en las actividades o comportamientos de los científicos, incluidos los factores que para ello resultan importantes, siempre y cuando tales actividades estén relacionadas con trabajos científicos. De este modo, C_2 es la ciencia en cuanto comportamiento humano, tanto si dicho comportamiento lleva a un conocimiento verdadero, objetivo en torno a la naturaleza como si no. C_2 abarca a C_1 en cuanto resultado de un proceso, pero en C_1 no se refleja el propio proceso. Normalmente no podrá encontrarse C_2 en artículos o en libros, sino que se tendrá que ir componiendo mediante el uso de las fuentes históricas.

[3] Cf. McMullin (1970).

La distinción entre C_1 y C_2 corresponde, en gran medida, a la pregunta de hasta qué punto hay que hacer hincapié en la historia o en la ciencia. Si se entiende que es historia de la *ciencia,* entonces la ciencia en cuestión será con frecuencia la ciencia en el sentido de C_1, que consiste principalmente en un análisis técnico de los contenidos de las publicaciones científicas localizadas en un marco histórico. En *historia* de la ciencia, en cambio, será la ciencia en el sentido de C_2. A veces la discusión acerca de las dos formas de historia de la ciencia se ha llevado como si fuere un debate sobre la medida en la que el historiador de la ciencia tendría que tener un buen dominio del lado técnico de la ciencia sobre la que escribe para poder llevar a cabo su trabajo como es debido; y en particular, sobre hasta qué punto debería tener un buen dominio de la ciencia en cuestión, según su moderna formulación.

Según Pearce Williams, el historiador de la ciencia moderno es, ante todo, un historiador y por lo tanto no necesita dominar los aspectos técnicos de la ciencia que estudie. Su punto de mira debería centrarse en las relaciones históricas y sociales, mientras que los detalles técnicos serían de menor importancia.[4] No cabe duda de que esta opinión la comparten muchos destacados historiadores de la ciencia. Pero hay también quienes hacen hincapié en que no se puede cultivar la historia de la ciencia si se piensa que el contenido de la ciencia no importa nada. Algunos autores no sienten más que desdén por los historiadores que, debido a su falta de conocimientos especializados, no poseen una comprensión completa de los aspectos técnicos. “La mayoría de los historiadores de la ciencia... raramente entienden la ciencia sobre la que escriben, de modo que leen los prólogos de las obras científicas e ignoran las obras propiamente dichas. A menos que sean también matemáticos, no tienen derecho a inmiscuirse en la historia de las matemáticas y de la física teórica”.[5] Kuhn ha criticado también el que ciertos historiadores hayan descuidado los problemas técnicos concretos.[6] Pero al mismo tiempo ha subrayado la naturaleza estéril y anacrónica de mucha historia centrada en la ciencia. Kuhn y Pearce Williams se cuentan entre los historiadores de la ciencia que han demostrado en la práctica que ambos aspectos no tienen por qué excluirse mutuamente.

Hay tantos aspectos de la historia de la ciencia (en el sentido de HC_2) y tantos enfoques de la misma que se necesita y hay sitio suficiente para todo el espectro de aportaciones que van de los análisis puramente técnicos a los puramente históricos. Como la ciencia es una estructura tan compleja, la historia de la ciencia

[4] Pearce Williams (1966a).

[5] Hankins (1979), p. 15. La cita no expresa la concepción de Hankins, sino la de historiadores más destacados, como Whiteside, Truesdell y Aaboe. La tensión entre historia de la ciencia con orientación científica e historia de la ciencia con orientación histórica se discute en Reingold (1981).

[6] Kuhn (1977), p. 136.

tendrá que ser necesariamente un tema con muchas facetas. Echemos una ojeada a un tema como “ciencia y nazismo”, que evidentemente pertenece a la historia de la ciencia. El nazismo alemán de 1933-1945 no se ve particularmente reflejado en la ciencia de dicho periodo, si entendemos la ciencia en el sentido C_1; pero sí que lo está y muy fuertemente en el tipo de ciencia C_2, cuyas posibilidades, métodos y formas de exposición influyó considerablemente. Sería absurdo afirmar que el nazismo no tiene nada que ver al estudiar la ciencia alemana en particular. El significado del nazismo para la ciencia alemana no puede entenderse mediante una mera historia de la *ciencia* (HC_1), pero puede comprenderse hasta cierto punto mediante una *historia* de la ciencia (HC_2), aunque ésta ignore los aspectos técnicos. De hecho, la obra precursora acerca del nazismo y la ciencia la escribió un historiador sin un bagaje científico de ningún tipo.[7] El punto fundamental es que la historia de la ciencia es algo distinto de la propia ciencia. Como afirmara paradójicamente Canguilhem, “el objeto de la historia de la ciencia no tiene nada que ver con el objeto de la ciencia”.[8]

El hecho de que Beyerchen, Butterfield y muchos otros hayan logrado escribir unas historias de la ciencia valiosas sin dominar la ciencia sobre la que escribían no puede generalizarse. En otros casos, la tendencia a ignorar el contenido de la ciencia en cuestión puede resultar desastrosa. Cuando se logra, depende en gran medida del asunto tratado y de la perspectiva del estudio. En general, cuanto más cerca se esté del tema científico, tanto más peligroso será estudiarlo simplemente desde fuera.[9]

Sea cual sea el punto de mira en el que se centre, la historia de la ciencia trata de la ciencia en su dimensión histórica. Pero, ¿cuáles son los sucesos que pueden tenerse razonablemente por “científicos” e “históricos”, de modo que puedan incluirse en la historia de la ciencia?

Difícilmente será provechoso en un contexto histórico buscar una definición de “ciencia” o de “científico”. Los criterios de demarcación, como los que se pueden encontrar en la filosofía de la ciencia, se basan principalmente en reflexiones acerca de la ciencia física moderna y no se ajustarían a una utilización histórica. Ello nos conduciría inevitablemente a distorsiones y anacronismos, así como a la exclusión de formas de ciencia que hoy día no son aceptadas.[10] La visión de la ciencia que

[7] Beyerchen (1977). Muchos de los historiadores de la ciencia más respetados no han tenido nunca una educación científica. Bastaría mencionar los nombres de Edwin A. Burtt, Alexandre Koyré y Herbert Butterfield.

[8] Canguilhem (1979), p. 8.

[9] Existen, por supuesto, numerosos ejemplos de obras que descuidan sin la menor justificación los aspectos técnicos de la ciencia de la que tratan. Así, Lewis Feuer analiza por extenso las aportaciones de Einstein, Bohr y Heisenberg sin haber leído, al parecer, ni haber entendido sus obras científicas. Véase Feuer (1974).

[10] La definición de historia de la ciencia de Sarton, tal como él mismo la da en Sarton, 1936, proyecta, pues, un ideal empirista moderno de ciencia sobre el pasado. Como apuntamos en el capítulo 1,

tenemos en la actualidad es producto de un proceso histórico, de una lucha en la que sólo han sobrevivido las teorías vencedoras. El historiador debería interesarse primordialmente por los sucesos que en su época se reconociera que pertenecían al campo de la ciencia, tanto si estos sucesos se adecuan a los puntos de vista contemporáneos como si no. Pero esta versión relativista de lo que es la ciencia supone, al parecer, que también en el pasado existió algo llamado ciencia. Se trata de una suposición que no es válida para todos los tiempos y para todas las culturas. La ciencia, en cuanto institución y profesión que tiene sus propias normas y valores, procede, sobre todo, del siglo pasado y sólo desde esa fecha podemos hablar de ciencia en el sentido moderno de la palabra.

La palabra *científico,* en nuestra lengua, tiene sólo 150 años de vida. Antes no existía realmente la profesión de científico, y ello se refleja en la diversidad de nombres que se daban a los que se interesaban por el descubrimiento de los secretos de la naturaleza: sabio, filósofo natural, hombre de ciencia, virtuoso, cultivador de la ciencia, etc. Hasta mediados del siglo XIX no se sintió en Inglaterra la necesidad de hallar un nombre, y ello por razones prácticas, para el profesional de la ciencia que emergía como fenómeno social por aquel entonces. Whewell propuso el nombre de *científico* en 1834, medio en broma, y sin que se lo tomaran en serio. Cuando Whewell y otros volvieron a proponer la palabra hacia 1840, se levantó una gran oposición y sólo fue aceptándose la palabra en el habla popular poco a poco. El *científico* tenía un status muy bajo entre los eruditos bien afincados, especialmente entre los que pertenecían a las clases altas, debido a que se veía asociado a una actitud moderna de saber remunerado. Los nobles eruditos británicos lo consideraban una especie de traición a los ideales y a los valores sociales de la ciencia. Incluso en plenos años noventa muchos hombres de ciencia, incluidas eminencias como Huxley, Kelvin y Rayleigh, se negaban a utilizar la palabra.[11]

En épocas anteriores resultaría aún más peligroso hablar de la institución científica o apropiarnos el término “ciencia” sacándolo fuera de su contexto preciso. Los “astrónomos” y “matemáticos” que vivieron en la antigua Babilonia eran científicos sólo si aislamos e interpretamos sus actividades científicas al margen de toda referencia al contexto institucional (social y religioso) como elementos del cual podemos reconstruirlos. No se consideraban a sí mismos científicos, y menos aún astrónomos o matemáticos. A pesar de todo, los historiadores de la ciencia, en su afán por simplificar las cosas y a falta de expresiones más exactas, suelen llamarlos científicos.

Los actores de la historia de la ciencia son los individuos que coadyuvaron, de hecho, a recoger el conocimiento acerca de la naturaleza o de quienes se piensa que lo hicieron. No todos ellos son científicos,

---

la definición de Sarton hacía parecer a muchos hombres de ciencia importantes, tales como Galeno, carentes de interés científico.

[11] Ross (1962).

término que debería reservarse ante todo para los "individuos que realizaron una cantidad apreciable, desde el punto de vista histórico, de investigaciones originales en torno a los fenómenos naturales y en cuya identidad histórica esas investigaciones fueron un componente importante".[12] Entre los individuos que resultan pertinentes en la historia de la ciencia se incluyen científicos profesionales, científicos aficionados, filósofos, teólogos, artesanos y muchas más personas. Resulta evidente que no todos los que contribuyeron a nuestro conocimiento de la naturaleza a lo largo de los tiempos tienen, además, interés desde el punto de vista de la historia de la ciencia. Los historiadores seleccionan tan sólo una pequeña cantidad de los individuos a los que potencialmente se les podría considerar históricos, convirtiéndolos efectivamente en tales. Debido a la complejidad de la ciencia y a su historia, no es posible delimitar en abstracto quiénes son los individuos que entran en la historia de la ciencia. No obstante, esta cuestión tiene alguna importancia práctica en relación con los diccionarios, pongamos por caso. De ese modo una autoridad como el *Dictionary of Scientific Biography,* en varios volúmenes, incluye a "aquellas personalidades cuyas aportaciones a la ciencia fueron lo bastante señaladas como para suponer una diferencia claramente distinguible en la profesión o comunidad del saber".[13] Entre ellos se cuentan tanto científicos como no científicos.

Los problemas de demarcación resultan pertinentes para las actividades y métodos que o bien chocan violentamente con la ciencia contemporánea o bien limitan con ellos. Debería hablarse de la tecnología en relación con este último grupo. Aunque ciencia y tecnología son áreas distintas de hecho, no existe ni tiene por qué haber una distinción muy fina entre historia de la ciencia e historia de la tecnología. Nada tendría de histórico dividir a Leonardo, Smeaton, Watt o Perkins en (por lo menos) dos personas a cada uno, en tecnólogo y científico, tratándolos como individuos distintos. Tanto más cuanto que la distinción entre ciencia y tecnología es relativamente nueva. Lo único que ocurre es que las innovaciones explícitamente tecnológicas no pertenecen al campo de la historia de la ciencia propiamente dicho. También es importante la historia de la tecnología como para merecer que se la trate como apéndice de la historia de la ciencia. Ante todo, debería ser tratada como tema independiente, digno de ser estudiado por propio mérito. Por fortuna, se ha producido recientemente un aumento del interés por este estudio.[14]

[12] Shapin y Thakray (1974), p. 11.

[13] Gillispie (1970-1980), vol. 1, prólogo. En cuanto a la delimitación de la "ciencia", los editores del *Dictionary* afirmaban que su política era abarcar las áreas "que en la *época moderna* quedan dentro de la esfera de las matemáticas, la física, la química, la biología y la geología" (el subrayado es mío). *Ibidem.*

[14] Tal como lo atestigua un número cada vez mayor de revistas especializadas, por ejemplo, *Technikgeschichte, Technology and Culture* y *History and Technology.*

Al evaluar el primer grupo de actividades que hemos mencionado, en el que se incluirían tradicionalmente las áreas ocultas, religiosas y pseudocientíficas, debemos admitir igualmente que entran dentro de la historia de la ciencia en la medida en la que, consciente o inconscientemente, han contribuido al desarrollo de la ciencia. Recientemente se ha dado una tendencia muy clara a incluir las actividades no científicas en la historia de la ciencia, aunque ha habido cierta discrepancia en torno al punto hasta el cual debería hacerse así. Ilustraré el problema con un ejemplo procedente de las investigaciones acerca de Newton, uno de los puntos de vista clásicos de nuestra disciplina.

Newton, que personifica más que nadie a la ciencia, utilizó una considerable cantidad de sus recursos trabajando en temas que no son decididamente científicos: la cronología de las Escrituras, la alquimia, la medicina ocultista y las profecías de la historia. Los manuscritos y otras fuentes demuestran que Newton debió de emplear más tiempo en estos trabajos dudosos que en las obras de matemáticas y física de las que le viene la fama. Deberíamos preguntamos entonces si las obras de Newton sobre la alquimia, por ejemplo, forman parte legítimamente de la historia de la ciencia.

Las investigaciones newtonianas han intentado tradicionalmente presentarnos un retrato glorioso, racionalista de Newton y se han centrado, de manera bastante parcial, en sus obras puramente matemáticas o físicas. Aunque las obras (no publicadas) de Newton sobre alquimia se conocían desde hacía tiempo, los eruditos no estaban muy dispuestos a prestarles atención en serio, como si pertenecieran al Newton que tenía interés para la historia de la ciencia. Los testimonios se eliminaron, se racionalizaron como si fueran química o se desecharon explicándolos como si de una afición inocua se tratara.[15] Tras el descubrimiento de nuevas fuentes y la aparición de unas investigaciones sobre Newton de renovado vigor, ha resultado imposible negar que trabajó con seriedad y durante largo tiempo sobre problemas de alquimia. Newton no transcribió obras de alquimia con el simple afán de extraer su fondo racional, puramente químico; tampoco su interés era un simple capricho de juventud que desapareciera con la edad, ni tampoco era el resultado de su senilidad.[16] Se han dado tres tipos de respuestas principalmente a la cuestión de hasta qué punto habríamos de tomarnos en serio la alquimia de Newton como tema de estudio adecuado a la historia de la ciencia.

Algunos eminentes especialistas en Newton que representan el enfoque racionalista y centrado en la ciencia, a la historia de la ciencia han negado que Newton fuera alquimista en absoluto, en el sentido preciso

[15] El albacea de Newton, Thomas Pellet, consideraba que los montones de copias y manuscritos no científicos que dejó eran "escritos en sucio e inútiles", que no "cabía imprimir". El primer gran biógrafo de Newton, el físico David Brewster, se vio en dificultades a la hora de reconocer los intereses poco ortodoxos de Newton, así que los minimizó en su biografía, Brewster (1855).

[16] Dobbs (1975). Asimismo, Westfall (1980), pp. 285 y ss.

de la palabra.[17] Han subrayado el hecho de que su dedicación era una cuestión "privada" y que no tenía relación alguna con sus grandes obras científicas. Como éstas son las obras fundamentales para las investigaciones newtonianas en la medida en la que pertenecen a la historia de la ciencia, el interés que tenía Newton por la alquimia no tiene por qué interesar al historiador de la ciencia. De ese modo, historiadores tan afamados como M. Boas Hall, A. Rupert Hall, I. B. Cohen y D. T. Whiteside opinan que está perfectamente justificado "desalquimizar" a Newton.

Otros expertos aducen que, efectivamente, Newton era alquimista, según una interpretación razonable de esta palabra, y que se hallaba fuertemente influido por las corrientes neoplatónicas y herméticas de su época.[18] Estos eruditos (P. M. Rattansi, R. Westfall, B. Dobbs, F. E. Manuel, entre otros) piensan que la alquimia era parte integrante de la representación del mundo que tenía Newton y que, como tal, era coherente con la filosofía sobre la que se habían edificado sus obras de física. La alquimia de Newton entra dentro de la historia de la ciencia por propio derecho; no ya fundamentalmente porque la alquimia puede ayudar a iluminar ciertos pasajes de los *Principia* o de la *Óptica,* las dos obras principales de física de Newton, sino porque constituía un elemento importante de la historia cultural, a la que Newton contribuyó de una forma muy interesante.

También puede justificarse el interés por la alquimia newtoniana argumentando que tenía que ver directamente con las teorías científicas de Newton. Según Karin Figala, la alquimia de Newton constituye realmente una teoría racional de la materia, recubierta, a manera de adorno, del lenguaje simbólico de las ciencias ocultas; al mismo tiempo, es un primer esbozo y luego un desarrollo de las ideas que publicó sobre la estructura de la materia.[19] La alquimia de Newton, como tal, asume, pues, la forma de una teoría racional, científica, convirtiéndose en un elemento perfectamente natural de la historia de la ciencia.

No importa cómo se han de interpretar las obras de alquimia de Newton, en cualquier caso sería erróneo ignorarlas sin analizarlas de cerca. "Si estudiamos los manuscritos, hemos de estudiarlos todos, y aceptar lo que en ellos aparezca tanto si se adecua a las teorías del siglo XX como si no. Decir que Newton ejercía la alquimia no implica que sea también ocultista ni que se niegue la perpetua realidad de los *Principia.* Lo único que hemos de admitir es la importancia manifiesta de los manuscritos, tan importantes como los cuadernos de matemáticas, aunque más numerosos."[20]

Lo excesivo de una separación estricta de las actividades científicas y no científicas de una persona no sólo queda de manifiesto en los problemas que se crean en

[17] Boas y Hall (1958).
[18] Véanse las aportaciones en Bonelli y Shea (1975), y para un repaso reciente de la discusión, Vickers (1984).
[19] Figala (1977), Figala (1978).
[20] Wetsfall (1976), p. 180.

torno a las explicaciones de los orígenes de las ideas científicas. También suele crear problemas en la comprensión de lo sustancial de las ideas, de su contexto cultural y de su contenido. Para los hombres de ciencia ingleses del siglo XVII, las consideraciones religiosas, morales y políticas no sólo tenían un papel de inspiración, sino que también suponían una justificación. Boyle y su círculo consideraban que la explicación de los experimentos pneumáticos de la época (por ejemplo, los de Torricelli) tenían una significación moral rotunda y consecuentemente adaptaban la valoración que de ellos hacían.[21] En un caso como éste sería tremendamente erróneo aislar los componentes científicos de los no científicos. Cuando tenemos testimonios documentales de que Boyle consideraba su ciencia un elemento de la lucha cultural de su época, no podemos descuidar este aspecto aduciendo que el comportamiento de los gases a baja presión posiblemente nada tenga que ver con la condición moral de la sociedad.

Hasta qué punto llega la demarcación temporal de la historia de la ciencia es un problema que la historia de la ciencia comparte con la historia en general. Se trata principalmente de hasta qué punto tiene la historia unos límites más altos o más bajos. Tradicionalmente, los historiadores han trazado una línea demarcatoria entre las épocas histórica y prehistórica, estableciendo la distinción en que durante los tiempos prehistóricos se desconocen fuentes escritas. Pero hoy día los historiadores están de acuerdo en que esta línea no es muy significativa y que rompe la continuidad histórica de manera artificial. Los monumentos megalíticos como los de Stonehenge, por ejemplo, probablemente se utilizaron con finalidades astronómicas. En la medida en la que ello sea así, estos monumentos son un testimonio de actividades científicas tempranísimas. La parte más antigua de Stonehenge data de 2700 a.C. y, de ese modo, muchos científicos creen que forma parte de la historia de la ciencia.[22] En qué fecha empieza la historia de la ciencia es un asunto que dependerá de las fuentes disponibles y de la flexibilidad con la que se quiera interpretar el término ciencia. Gordon Childe pretende atribuir actividades científicas a los hombres que vivieron antes del *Homo sapiens,* aduciendo que la manufactura de herramientas es una forma embrionaria de ciencia. “Tal vez parezca una

[21] Jacob (1977), pp. 99 y ss.

[22] La arqueoastronomía trata de la astronomía prehistórica. En épocas recientes este campo ha atraído mucho la atención y ha quedado bien asentado hoy día como un subcampo de la historia de la ciencia. Tiene su propia revista, *Archaeoastronomy* (publicada por primera vez en 1979), que trata sólo de astronomía prehistórica. La idea de que Stonehenge fue diseñado como una especie de observatorio astronómico la propuso ya en el siglo pasado Norman Lockyer, pero hasta hace pocas décadas no tuvo mayor consistencia. Véase Thom (1971). No obstante, la interpretación arqueoastronómica de los monumentos megalíticos no la han aceptado todos los especialistas. Un arqueólogo considera, de este modo, que se trata de una “especie de versión académica refinada de arqueología de astronautas... Parece que la interpretación es muy subjetiva y que viene impuesta por el observador”, Daniel (1980), p. 71.

exageración, pero sin embargo es cierto que toda herramienta es una encarnación de la ciencia. Efectivamente, se trata de una aplicación práctica de experiencias recordadas, comparadas y recogidas, del mismo modo que se sistematizan y resumen en fórmulas, descripciones y prescripciones científicas."[23] Tanto si aceptamos que Stonehenge o los conocimientos de la naturaleza que había en el Neolítico entran en la historia de la ciencia como si no, no tiene demasiada importancia. No importa realmente que quienes estudien esos fenómenos sean historiadores de la ciencia, arqueólogos o etnólogos, siempre que sean estudiados por alguien.

No hay por arriba ningún límite natural de tiempo para la historia de la ciencia. Aunque tradicionalmente la historia trata del pasado, cuesta trabajo hallar argumentos convincentes para negar que también pueda tratarse históricamente el presente. De hecho, en los últimos años se ha producido una tendencia cada vez mayor a escribir obras de historia incluso sobre actividades científicas contemporáneas o muy recientes.

Se ha argumentado a veces que la historia contemporánea de la ciencia es un término ilegítimo. Las objeciones más corrientes son las siguientes: 1. La historia contemporánea (de la ciencia) trata de los científicos vivos y de sus trabajos, y aprovecha principalmente las compilaciones y afirmaciones escritas de los científicos vivos. El historiador de nuestra época que se basa en estas fuentes tendrá mucha dificultad a la hora de lograr una distancia lo bastante objetiva de sus materiales, sus análisis se verán "teñidos" de algún color y marcados por el compromiso personal que el científico tiene con su obra. Según Collingwood, la historia se relaciona sólo con las actividades que *no pueden* ser recordadas. "...el pasado sólo necesita investigación histórica siempre que no sea ni pueda ser recordado. Siempre que se le pueda recordar, no le hacen falta historiadores."[24] Así pues, la visión de la historia que tiene Collingwood excluye la historia contemporánea. 2. En el caso de actividades contemporáneas controvertidas, tales como conflictos de prioridad o ciencia que comporta controversias políticas, los compromisos y la situación personal del historiador influirán en sus escritos. 3. En historia contemporánea, muchos de los acontecimientos estudiados tal vez no hayan acabado todavía, de manera que el historiador no conocerá los resultados y, por lo tanto, no podrá utilizarlos en su valoración de los acontecimientos.

Sin embargo, ninguna de estas objeciones son admisibles. El hecho de que las fuentes sean contemporáneas no las hace menos dignas de confianza o más difíciles de valorar críticamente que lo que podrían serlo muchas fuentes antiguas. La ausencia de toda objetividad innata en las fuentes no se limita a las actuales, mientras que, por el contrario, con ellas tiene el historiador más posibilidades de confrontar la fiabilidad de sus fuentes. El compromiso

[23] Childe (1964), p. 15.

[24] Collingwood (1980), p. 58.

subjetivo del historiador se halla siempre presente en toda buena historia, incluso cuando trata de periodos del pasado. El historiador de la ciencia que trabaje sobre el papel de la Iglesia católica en el desarrollo de las teorías de Copérnico podrá verse tan comprometido como el que trabaje en el papel desempeñado por los químicos estadounidenses durante la guerra de Vietnam. La exigencia de que las opiniones personales del historiador no influyan en su obra es, en cualquier caso, un concepto erróneo. Pues bien, tenemos que disociarnos claramente de la opinión que estima que la ciencia moderna no puede analizarse históricamente, tal como la expresan Forbes y Dijksterhuis:

> El método histórico es distinto del sistemático. Ante todo exige la capacidad de contemplar con distanciamiento los acontecimientos de los que ha de tratar... Ello significa, por una parte, que todo lo que se conoce como ciencia moderna, esto es, lo que podría definirse como todo lo sucedido a partir de 1900, ha de quedar excluido.[25]

Por lo que se refiere a la tercera objeción, se basa en la falsa suposición de que el historiador debe, por así decir, estar en posesión de una especie de clave de respuestas a los sucesos susceptibles de ser analizados históricamente.[26] Aunque no es tarea del historiador evaluar los acontecimientos en relación con lo que hoy día se considera verdadero o falso, puede que la objeción sea pertinente en relación con la utilización de ciertos marcos historiográficos y filosóficos. Por ejemplo, algunas teorías historiográficas se basan en conceptos (tales como crisis, éxito, revolución, progreso y degeneración) que sólo tienen sentido considerados en un periodo de tiempo. Estos esquemas, propuestos por Kuhn, Lakatos y otros, no son aplicables inmediatamente a la ciencia más reciente.[27]

Las objeciones que se ponen a la historia de la ciencia contemporánea están relacionadas a veces con la pretensión de que no se requieren perspectivas o técnicas históricas especiales para la comprensión de la dinámica de la ciencia moderna. Esta opinión ha sido presentada por Ronald Giere:

> ...no se sigue que la historia de la ciencia, en cuanto historia, sea algo crucial, excepto en casos en los que la teoría en cuestión haya sido sostenida en el pasado. Supóngase, por ejemplo, que para presentar en 1953 las pruebas de la existencia y el carácter del ADN se tuviera que mirar la evolución de dicha teoría desde 1945 a 1953. Para ello no haría falta el talento especial de un historiador de la ciencia... seguramente al estudio de los desarrollos recientes que ha conocido la ciencia no le hacen falta técnicas históricas especiales, o por lo

[25] Forbes y Dijksterhuis (1963), vol. 1, p. 11.

[26] Ejemplo: en su muy apreciada biografía de Einstein, Abraham Pais deja de comentar algunas obras de Einstein debido a los siguientes motivos: “Como este tema [la termodinámica relativa] sigue siendo conflictivo hoy día, no se presta aún a una valoración histórica”, Pais (1982), p. 154.

[27] Cf. Hendrick y Murphy (1981).

menos no las técnicas que ahora enseñan ciertos historiadores de la ciencia.[28]

Sin embargo, la única manera de poder alcanzar una perspectiva adecuada de la dinámica real de la ciencia moderna no es en absoluto el análisis histórico; un análisis que no sólo será histórico en el sentido de que contempla la ciencia en su dimensión temporal, sino también en el sentido de que utiliza las técnicas y métodos que caracterizan la investigación histórica. En la práctica, la considerable cantidad de bibliografía sobre la historia de la ciencia contemporánea refuta las afirmaciones de Giere.

[28] Giere (1973), pp. 289 y 290.

REFERENCIAS

Beyerchen, A. D., *Scientists Unter Hitler: Politics and the Physics Community in the Third Reich,* New Haven, Yale University Press, 1977.

Boas, M. y A. Rupert Hall, "Newton's Chemical Experiments", en *Archive Internationale d'Histoires des Sciences*, 1958; 11: 113-152.

Bonelli, M. y W. R. Shea (eds.), *Reason, Experiment, and Mysticism in the Scientific Revolution*, Nueva York, Science History Publications, 1975.

Brewster, D., *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, 2 vols., Edimburgo, 1855.

Canguilhem, C., *Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie,* Francfort, Suhrkamp, 1979.

Childe, G., *What Happened in History*, Penguin, Harmondsworth, 1964.

Collingwood, R. G., *The Idea of History*, Oxford, Oxford University Press, 1980.

Daniel, G., "Megalithic Monuments", en *Scientific American*, 1980;(julio):64-76.

Danto, A. C., *Analytical Philosophy of History*, Cambridge University Press, Cambridge, 1965.

Dobbs, B. J. T., *The Foundation of Newton's Alchemy. Or The Hunting of the Grene Lyon*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.

Feuer, L., *Einstein and the Generations of Science*, Nueva York, Basic Books, 1974.

Figala, K., "Newton as Alchemist", en *History of Science*, 1977;15:102-137.

———, "Newtons Rationale System der alchemie", en *Chemie in unserer zeit*, 1978; 12: 101-110.

Forbes, R. J. y E. J. Dijksterhuis, *A History of Science and Technology*, 2 vols., Penguin, Harmondsworth, 1963.

Giere, R., "History and Philosophy of Science: Intimate Relationship or Marriage of Convenience?", en *British Journal for the Philosophy of Science*, 1973; 24: 282-297.

Gillispie, C. C. (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols., Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1970-1980.

Hankins, T. L., "In Defence of Biography: The use of Biography in the History of Science", en *History of Science*, 1979 (17): 1-16.

Hendrick, R. E. y A. Murphy, "Atomism and the Illusion of Crisis: the Danger of Applying Kuhnian Categories to Current Particle Physics", en *Philosophy of Science*, 1981(48):454-468.

Jacob, J. R., *Robert Boyle and the English Revolution*, Nueva York, Burt Franklin, 1977.

Mc Mullin, E., "The History and Philosophy of Science: A Taxonomy", en Stuewer, 1970, pp. 12-67.

Oakeshott, M. J., *Experience and its Modes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1933.

Pais, A., *Subtle is the Lord. The Science and the Life of Albert Einstein*, Oxford, Oxford University Press, 1982. [Edición en español: Barcelona, Ariel, 1985.]

Pearce Williams, L., "The Historiography of Victorian Science", en *Victorian Studies* 1966;9:197-204.

Pedersen, O., *Matematik og naturbeskribelsei oldtiden,* Copenhague, Akademisk Forlag, 1975.

Reingold, N., "Science, Scientists, and Historians of Science", en *History of Science*, 1919;81:274-283.

Ross, S., "Scientist: The Story of a Word", en *Annals of Science*, 1962;18:65-86.

Shapin, S. y A. Thackray, "Prosopography as a Research tool in History of Science, The British Scientific Community, 1700-1800", en *History of Science*, 1974; 12: 1-28.

Thom, A., *Megalithic Lunar Observations*, Oxford, Oxford University Press, 1971.

Vickers, B. (ed.), *Occult and Scientific Mentalities in the Rennaisance*, Cambridge University Press, Cambridge, 1984.

Westfall, R. S., "The Changing World of the Newtonian Industry", en *Journal of the History of Ideas*, 1976;37:175-184.

Westfall, R. S., *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, Cambrigde, Cambridge University Press, 1980. [Existe traducción al español de la misma editorial.]

CAPÍTULO 3

EL MÉTODO EN LAS CIENCIAS: EPISTEMOLOGÍA Y DARWINISMO

Rosaura Ruiz G.
Francisco J. Ayala

El conocimiento deriva de varias fuentes, tales como la experiencia del sentido común, la expresión artística y la reflexión filosófica. El conocimiento científico, sin embargo, se mantiene al margen como algo especial. El gran éxito de la ciencia como una manera de indagar sobre la naturaleza del universo es motivo de admiración. La tecnología derivada del conocimiento científico es igualmente admirable: los rascacielos de nuestras ciudades, cohetes que llevan hombres a la Luna, teléfonos que proporcionan comunicación instantánea entre continentes, computadoras que realizan cálculos complejos en milésimas de segundo, vacunas y drogas que controlan las bacterias parasíticas, terapias génicas que reemplazan DNA en células defectuosas. Todos estos extraordinarios logros brindan testimonio de la validez del conocimiento científico del cual se originan.

El conocimiento científico es también notable en la medida en la que surge por el consenso y acuerdo entre científicos, y por la forma en la que los nuevos conocimientos se desarrollan a partir de descubrimientos anteriores en vez de comenzar nuevamente con cada generación o con cada nuevo científico. Ciertamente los científicos no concuerdan entre sí en muchos puntos; pero éstas son cuestiones aún no establecidas, y los puntos de desacuerdo generalmente no ponen en cuestión el conocimiento previo. Los científicos modernos no ponen en cuestión el que los átomos existan o el que haya un universo con millones de estrellas, o que la herencia se encuentre contenida en el DNA. Los científicos difieren en este sentido de los filósofos, quienes debaten interminablemente las preguntas que buscan contestar. Los filósofos, hoy en día, se centran en las mismas cuestiones que se debatían en la Antigüedad o en la Edad Media o hace dos décadas, sin nunca llegar a un acuerdo definitivo. No sucede así con los científicos, quienes parten de puntos resueltos en el pasado con el fin de formular nuevas preguntas y resolverlas. Tampoco existe entre los científicos nada como los puntos de vista radicalmente dispares e irreconciliables sostenidos por distintas religiones, o los siempre cambiantes modos de la expresión artística.

¿Qué es, entonces, lo que hace al conocimiento científico diferente de todas las

otras actividades mediante las cuales aprendemos acerca del universo y de nosotros mismos? En este trabajo abordamos la cuestión identificando primero algunos rasgos distintivos del conocimiento científico. Explicamos a continuación que la ciencia implica mucho más que el simple razonamiento inductivo, y pasamos a proponer el método hipotético-deductivo como un paradigma para entender algunas características distintivas de la manera en la que los científicos proceden en sus esfuerzos para entender el mundo. Más adelante consideramos el problema de la demarcación, o cómo distinguir entre las afirmaciones científicas válidas e inválidas, y discutimos brevemente el papel que desempeñan los mecanismos sociales usados en la práctica científica para distinguir la ciencia válida de la no válida. Utilizamos ejemplos históricos para ilustrar aspectos relevantes de cómo el conocimiento científico se desarrolla y cómo funciona la demarcación en la práctica.

CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE LA CIENCIA

La ciencia busca la organización sistemática del conocimiento acerca del mundo. El sentido común, como la ciencia, proporciona conocimiento acerca de fenómenos naturales, y este conocimiento es a menudo correcto. Por ejemplo, el sentido común nos dice que un niño se parece a sus padres y que las buenas semillas producen buenas cosechas. El sentido común, sin embargo, muestra poco interés en establecer sistemáticamente conexiones entre fenómenos que no parecen estar evidentemente relacionados. En contraste, la ciencia se interesa por formular leyes generales y teorías que manifiesten patrones de relaciones entre muy distintas clases de fenómenos. La ciencia se desarrolla descubriendo nuevas relaciones, y particularmente integrando afirmaciones, leyes y teorías, que anteriormente parecían no estar relacionadas, en leyes y teorías más comprehensivas.

La ciencia procura explicar *por qué* los sucesos observados de hecho ocurren. Aun cuando el conocimiento adquirido en el curso de la experiencia ordinaria es frecuentemente preciso, rara vez proporciona explicaciones de por qué los fenómenos ocurren de cierta manera. La experiencia práctica nos dice que los niños se parecen a uno de sus padres en ciertos rasgos y al otro en ciertos otros, o que el abono incrementa la producción de la cosecha. Pero no proporciona explicaciones para estos fenómenos. La ciencia, por otro lado, busca formular explicaciones para los fenómenos naturales identificando las condiciones que hacen posible su ocurrencia.

La búsqueda de la organización sistemática del conocimiento y el propósito de explicar por qué los sucesos son como se observan, son dos características que distinguen a la ciencia del conocimiento de sentido común. Pero estas características son también compartidas por otras formas de conocimiento sistemático, tales como las matemáticas y la filosofía. Una tercera característica de la ciencia, que distingue a

las ciencias empíricas de las otras formas sistemáticas del conocimiento, es que las explicaciones deben ser formuladas de tal manera que puedan ser sometidas a pruebas empíricas, proceso que debe incluir la posibilidad de *refutación empírica*. La refutabilidad ha sido propuesta como el criterio de demarcación que diferencia a la ciencia de las demás formas de conocimiento (Popper, 1959).

En ciencia, las nuevas ideas son llamadas hipótesis. Las pruebas a las que las ideas científicas son sometidas incluyen la contrastación de las hipótesis con el mundo de la experiencia de tal manera que debe dejarse abierta la posibilidad de que se pueda rechazar cualquier hipótesis particular si ésta lleva a predicciones erróneas acerca del mundo de la experiencia. La posibilidad de refutación empírica de una hipótesis se lleva a cabo estableciendo si las predicciones precisas derivadas como consecuencias lógicas de la hipótesis concuerdan con el estado de los hechos encontrados en el mundo empírico. Una hipótesis que no puede ser sometida a la posibilidad de refutación por observación y experimentación no puede ser considerada como científica.

Posteriormente retornaremos esta cuestión de la "refutación empírica" como el criterio de demarcación que separa a la ciencia de otras formas de conocimiento. Por ahora, resumiremos la discusión de la naturaleza de la ciencia definiéndola como "el conocimiento acerca del universo formulado en forma de principios explicativos sostenidos por la observación empírica, y sujetos a la posibilidad de la refutación empírica". Otra definición sería la siguiente: "La ciencia es una exploración del universo material que busca relaciones naturales y ordenadas entre los fenómenos observados y que es autocrítica" (Simpson, 1964, p. 91). Otras definiciones pueden ser propuestas, pero buscar una definición "perfecta" es un esfuerzo vano. La ciencia es una empresa compleja que no puede ser capturada adecuadamente en una sola enunciación. En cualquier caso, nuestro propósito no es tanto proporcionar una definición adecuada sino identificar los rasgos que distinguen al conocimiento científico.

Pasaremos primero a discutir "el método inductivo", del cual se dice a veces que es el método seguido por los científicos. Explicaremos que la inducción no es un método por el cual se pueda establecer la validez del conocimiento científico (aun cuando es a menudo un proceso por el cual nos encontramos con nuevas ideas, pero esto es un problema distinto).

LA INDUCCIÓN EN LA CIENCIA

Es una idea común pero falsa la de que la ciencia avanza por "acumulación de hechos experimentales y extrayendo una teoría de ellos" (Jacob, 1988; véase más adelante). Este concepto erróneo está basado en la muy repetida aseveración de que la ciencia es inductiva, noción que se remonta al ensayista y estadista inglés Francis Bacon (1561-1626). Bacon tuvo un papel importante e influyente en los inicios de la ciencia moderna por su crítica a las especulaciones

metafísicas propagadas por los filósofos escolásticos medievales. En el siglo XIX el más apasionado y claro proponente del inductivismo fue John Stuart Mill (1806-1873), economista y filósofo inglés.

La inducción fue propuesta por Bacon y Mill como un método para lograr la *objetividad* evitando las preconcepciones subjetivas, y para obtener conocimiento *empírico* en vez de abstracto o metafísico. En su forma extrema, el método inductivo sostendría que un científico debe observar todos los fenómenos que acontezcan en su experiencia, y registrarlos sin ninguna preconcepción sobre qué observar o cuál sea la verdad acerca de ellos; se espera que así emerjan, eventualmente, verdades de validez universal. La metodología propuesta puede ser ejemplificada como sigue. Midiendo y registrando todo lo que se le confronta, un científico observa un árbol con hojas. Observa que un segundo árbol y un tercero, y muchos otros, tienen hojas. Eventualmente, formula una afirmación universal, "todos los árboles tienen hojas".

El método inductivo no logra explicar el proceso real de la ciencia. Antes que nada, ningún científico trabaja sin proyecto preconcebido de acuerdo con el tipo de fenómeno por observar. Los científicos escogen para sus estudios objetos o sucesos que, en su opinión, es probable que les proporcionen las respuestas a preguntas de su interés. De lo contrario, como Darwin (1903) escribió, "uno puede igualmente ir a una mina de grava y contar los guijarros y describir los colores". Un científico cuya meta fuera registrar cuidadosamente cada hecho observado en todos los momentos de vigilia de su vida, no contribuiría mucho al avance de la ciencia; muy probablemente sería considerado un loco por sus colegas.

Además, la inducción no logra llegar a verdades universales. No importa cuántas afirmaciones singulares puedan ser acumuladas, ninguna afirmación universal puede ser derivada lógicamente de tal acumulación de observaciones. Aun cuando todos los árboles observados hasta esos momentos tengan hojas, o todos los cisnes observados sean blancos, queda una posibilidad lógica de que el siguiente árbol no tenga hojas o que el siguiente cisne no sea blanco. El paso de numerosas afirmaciones singulares a una universal implica amplificación lógica. La afirmación universal tiene un mayor contenido lógico, esto es, dice más que la suma de todas las afirmaciones singulares.

Otra seria dificultad de la inducción como la propuesta del método científico es que las hipótesis y teorías científicas son formuladas en términos abstractos que no ocurren para nada en la descripción de los sucesos empíricos. Mendel, el fundador de la genética, observó en la progenie de plantas híbridas que las características alternativas se segregaban de acuerdo con ciertas proporciones. Repetidas observaciones de estas proporciones nunca podrían haberle llevado inductivamente a la formulación de su hipótesis de que existen factores (genes) en las células sexuales que se combinan en la descendencia de acuerdo con ciertas reglas. Los genes no fueron observados, y por lo tanto, no podrían ser incluidos en

afirmaciones que reflejen lo que Mendel observó.

Las hipótesis científicas más interesantes y fructíferas no son simples generalizaciones. Por el contrario, las hipótesis científicas son creaciones de la mente, sugerencias imaginativas de lo que podría ser cierto.

La inducción yerra en los tres puntos señalados. No es un método que asegure la objetividad y que evite las preconcepciones; no es un método para alcanzar la verdad universal, y no es una buena descripción del proceso por medio del cual los científicos formulen sus hipótesis y otras formas del conocimiento científico. Es un asunto diferente el que, de hecho, un científico pueda llegar a una nueva idea o desarrollar una hipótesis como consecuencia de repetidas observaciones de fenómenos relacionados entre sí. Pero cómo llegamos a tener una nueva idea es una cuestión distinta de por qué aceptamos que algo es científicamente válido. Ya hemos señalado esta distinción pero volveremos a ella de nuevo.

EL MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO

Ya hemos señalado que la validez de una idea científica (una "hipótesis") se establece derivando ("deducción") sus consecuencias con respecto al mundo real, y procediendo a averiguar si la predicción derivada es correcta o no. Se dice que el método científico es, por lo tanto, *hipotético-deductivo*. (Es esencial al proceso, como se explicará, que para que la observación de tales consecuencias sirva para validar la hipótesis, no debe saberse de antemano si tales consecuencias se cumplen o no; también se requiere que las consecuencias sean poco probables.)

El análisis del método hipotético-deductivo se remonta a William Whewell (1794-1866) y William Stanley Jevons (1835-1882) en Inglaterra, y a Charles S. Peirce (1838-1914) en Estados Unidos. La caracterización más precisa del método científico ha sido expuesta por Karl R. Popper (1959; véase también Hempel, 1965). Los científicos, por supuesto, practicaban el método hipotético-deductivo mucho antes de que estuviera adecuadamente definido por los filósofos. Eminentes practicantes de este método incluyen a Blaise Pascal (1623-1662) y a Isaac Newton (1624-1727) en el siglo XVII y, entre los biólogos del siglo XIX, a Claude Bernard (1813-1878) y Louis Pasteur (1822-1895) en Francia, Charles Darwin (1809-1882) en Inglaterra y Gregor Mendel (1822-1884) en Austria. Éstos, y otros grandes científicos, practicaron el método hipotético-deductivo aun cuando algunos de ellos, por ejemplo Darwin, alegaban ser inductivistas con el fin de concordar con los debates de los filósofos contemporáneos.

El premio Nobel François Jacob, en su autobiografía, describe como sigue la investigación, en el Instituto Pasteur de París, que lo llevó en la década de los cincuenta a uno de los descubrimientos fundamentales de la biología molecular:

> Lo que hizo posible el análisis de la multiplicación de los bacteriófagos, y el entender sus diferentes estadios, fue, sobre

> todo, el juego entre las hipótesis y los experimentos; entre las construcciones de la imaginación y las inferencias que de ellas se derivaban. Comenzando con una cierta concepción del sistema, uno diseñaba un experimento para probar uno u otro aspecto de esta concepción. Dependiendo del resultado, se modificaba la concepción para diseñar otro experimento. Y así sucesivamente. Así es como la investigación funcionaba en biología. Contrariamente a lo que anteriormente se pensaba, el progreso científico no consistía simplemente en observar, acumular hechos experimentales y extraer una teoría de ellos. Comenzaba con la invención de un mundo posible, o un fragmento de él, lo cual era entonces comparado por medio de la experimentación con el mundo real. Y era este constante diálogo entre la imaginación y la experimentación el que le permitía a uno formar una concepción cada vez más refinada de lo que llamamos realidad (Jacob, 1988, pp. 224-225).

La ciencia es una compleja actividad que consiste esencialmente de dos episodios interdependientes, uno imaginativo o creativo, y otro crítico. El tener una idea, proponer una hipótesis, o sugerir lo que puede ser verdadero es un ejercicio creativo. Pero las conjeturas científicas o hipótesis deben además estar sujetas a examen crítico y contrastación empírica. El pensamiento científico puede ser caracterizado como un proceso de invención o descubrimiento, seguido por su validación o confirmación. A uno de los procesos concierne la formulación de nuevas ideas ("adquisición de conocimiento"); al otro concierne su validación ("justificación del conocimiento").

A los científicos, al igual que al resto de la gente, se les ocurren nuevas ideas, es decir "adquieren" conocimiento, de muy diversas maneras: de conversaciones con otras personas, de leer libros y periódicos, de generalizaciones inductivas, y hasta de sueños y observaciones erróneas. Se dice que Newton fue inspirado por una manzana que cayó. Kekulé había estado intentando sin éxito diseñar un modelo para la estructura molecular del benzeno; una tarde se encontraba adormilado frente al fuego; las flamas le parecieron como grupos de átomos en forma de serpientes. De pronto, una serpiente apareció mordiendo su propia cola y luego girando burlonamente frente a él. La apariencia circular de la imagen le inspiró el modelo del benzeno en anillo hexagonal. El modelo para explicar la diversificación evolutiva de las especies le vino a Darwin mientras montaba su carruaje y observaba el paisaje. "Puedo recordar el punto preciso en el camino [...] cuando para mi alegría, me vino a la mente la solución; [...] la solución es que la progenie modificada [...] tiende a adaptarse a diversos lugares en la economía de la naturaleza" (Darwin, 1958).

Las hipótesis y otras conjeturas imaginativas son el estado inicial de la investigación científica. Es la conjetura imaginativa de lo que puede ser verdadero lo que proporciona el incentivo para buscar la verdad y una clave de dónde podemos encontrarla (Medawar, 1967). Las hipótesis guían la

observación y la experimentación porque sugieren qué es lo que debe ser observado. El trabajo empírico de los científicos es guiado por hipótesis, ya sea explícitamente formuladas o simplemente en la forma de conjeturas vagas o intuiciones acerca de cuál sea la verdad. Pero la conjetura imaginativa y la observación empírica son procesos mutuamente interdependientes. Las observaciones hechas para probar una hipótesis son a menudo la fuente de inspiración de nuevas conjeturas o hipótesis. Como lo describe Jacob, el resultado de un experimento a menudo inspira la modificación de una hipótesis y el diseño de nuevos experimentos para probarla.

La concepción de una idea es el punto de partida de la investigación científica, pero este proceso no es objeto de investigación en lógica o epistemología. Los complejos sucesos conscientes e inconscientes que están detrás de la mente creativa son propiamente el interés de la psicología empírica. El proceso creativo, obviamente, no es único para los científicos. Los filósofos, así como los novelistas, poetas y pintores, también son creativos; ellos también proponen modelos de experimentación y también generalizan por inducción. Lo que distingue a la ciencia de otras formas de conocimiento es el proceso por el cual este conocimiento es justificado o validado.

EL CRITERIO DE DEMARCACIÓN

El probar una hipótesis (o teoría) implica por lo menos cuatro actividades diferentes.

Primero, la hipótesis debe ser examinada en cuanto a su consistencia interna. Una hipótesis que es autocontradictoria o que no está lógicamente bien formulada, debe ser rechazada.

Segundo, la estructura lógica de una hipótesis debe ser examinada para averiguar si tiene valor explicativo; esto es, si hace al fenómeno observado inteligible en algún sentido, si ayuda a comprender por qué el fenómeno ocurre de hecho como se observa. Una hipótesis que es puramente tautológica debe ser rechazada, ya que no tiene valor explicativo. Una hipótesis científica identifica las condiciones, procesos o mecanismos que responden a los fenómenos que pretende explicar. Por lo tanto, las hipótesis establecen relaciones generales entre ciertas condiciones y sus consecuencias o entre ciertas causas y sus efectos. Por ejemplo, el movimiento de los planetas alrededor del Sol es explicado como consecuencia de la gravedad, y la respiración es un efecto de los glóbulos rojos, que transportan oxígeno de los pulmones a varias partes del cuerpo.

Tercero, la hipótesis debe ser examinada en cuanto a su consistencia con hipótesis y teorías comúnmente aceptadas en el campo particular de la ciencia; es decir, si representa algún avance con respecto a hipótesis alternativas bien establecidas. La carencia de consistencia con otras teorías no siempre es razón para rechazar una hipótesis, aunque a menudo lo sea. Algunos de los grandes avances científicos ocurren precisamente cuando se muestra que una hipótesis ampliamente sostenida

es reemplazada por otra nueva, que explica los mismos fenómenos explicados por la hipótesis preexistente, y otros que la hipótesis preexistente no podía explicar. Un ejemplo es el reemplazo de la mecánica newtoniana por la teoría de la relatividad, la cual rechaza, por ejemplo, la conservación de la materia y la simultaneidad de eventos que ocurren a una cierta distancia –dos principios fundamentales de la teoría de Newton.

Abundan ejemplos de este tipo en las disciplinas que avanzan rápidamente, como la biología molecular en el presente. El así llamado "dogma central" sostiene que la información molecular fluye en una sola dirección, de DNA a RNA y a proteínas. El DNA contiene la información genética que determina lo que un organismo es, pero esta información debe ser expresada en enzimas (una clase particular de proteínas) que guíen todos los procesos químicos en las células.

La información contenida en las moléculas de DNA se transfiere a las proteínas por medio de moléculas intermediarias, llamadas RNA mensajero. David Baltimore y Howard Temin ganaron el premio Nobel por descubrir que la información podía fluir en la dirección opuesta, de RNA a DNA, por medio de la enzima transcriptasa reversa. Mostraron que algunos virus, al infectar células, son capaces de copiar su RNA en DNA, el cual después se integra al DNA de la célula infectada, donde es utilizado como si fuera DNA propio de la célula. Otros ejemplos, entre los muchos que podrían darse, son los siguientes. Hasta hace poco, se pensaba universalmente que sólo las proteínas conocidas como enzimas podían mediar (técnicamente "catalizar") las reacciones químicas en la célula. Sin embargo, Thomas Cech y Sidney Altman recibieron en 1989 el premio Nobel por demostrar que ciertas moléculas de RNA actúan como enzimas y catalizan sus propias reacciones. Un ejemplo más concierne a la llamada "colinearidad" entre el DNA y la proteína. Un principio generalmente aceptado era la noción de que la secuencia de nucleótidos en el DNA de un gen se expresa consecutivamente en la secuencia de aminoácidos en la proteína. Esta concepción fue puesta en jaque por el descubrimiento de que los genes se dan en fragmentos, separados por segmentos intermedios de DNA que no portan información genética; Richard Roberts y Philip Sharp recibieron el premio Nobel en 1993 por este descubrimiento.

Estas hipótesis revolucionarias fueron publicadas después de que sus autores las sometieron a severas pruebas empíricas. Las teorías que son inconsistentes con las hipótesis bien aceptadas en la disciplina relevante tienden a ser ignoradas cuando no están avaladas por evidencia empírica convincente. La microhistoria de la ciencia se ve ensuciada con hipótesis rebuscadas o *ad hoc*, a menudo propuestas por individuos que no las apoyan con datos científicos apropiados. Las teorías de este tipo usualmente desaparecen de forma gradual ya que son ignoradas por la mayor parte de la comunidad científica. Sin embargo, en ocasiones atraen interés, cuando una teoría recibe atención de los medios de comunicación o en círculos

políticos o religiosos. El desastre de la propuesta reciente sobre la "fusión fría" es, sin embargo, un ejemplo de una hipótesis mal contrastada experimentalmente que recibió alguna atención de la comunidad científica porque sus proponentes eran científicos renombrados (Taubes, 1993).

La cuarta y más distintiva de las pruebas a que debe someterse una hipótesis es la siguiente: una hipótesis científica debe ser probada empíricamente indagando si las predicciones acerca del mundo de la experiencia derivadas como consecuencias lógicas de la hipótesis, concuerdan con lo que se observa o no. Éste es el elemento crítico que distingue a la ciencia empírica de otras formas de conocimiento: el requerimiento de que las hipótesis científicas sean refutables empíricamente. Las hipótesis científicas no pueden ser consistentes con todos los estados posibles de sucesos en el mundo empírico. Una hipótesis es científica sólo si es consistente con algunos pero no con otros estados posibles de sucesos aún no observados, de manera que puedan ser sujetas a la posibilidad de refutación por observación. Las predicciones derivadas de hipótesis científicas deben ser lo suficientemente precisas para limitar el rango de posibles observaciones con las cuales son compatibles. Si los resultados de un examen empírico concuerdan con las predicciones derivadas de una hipótesis, se dice que la hipótesis está provisionalmente corroborada; de lo contrario, es refutada.

El requerimiento de que una hipótesis científica sea refutada ha sido apropiadamente llamado el *criterio de demarcación* de las ciencias empíricas, ya que separa a las ciencias empíricas de otras formas de conocimiento (Popper, 1959). Una hipótesis que no está sujeta a la posibilidad de refutación empírica no pertenece al campo de la ciencia.

VERIFICABILIDAD Y REFUTABILIDAD

El requisito de que una hipótesis científica sea refutable, y no simplemente verificable, puede parecer sorprendente en un principio. Podría parecer que el propósito de la ciencia es el de establecer la verdad de las hipótesis antes que intentar refutarlas. No es así. Hay una asimetría entre la refutabilidad y la verificabilidad de las afirmaciones universales que deriva de la naturaleza lógica de dichas afirmaciones. Puede mostrarse que una proposición universal es falsa si es inconsistente con una sola proposición singular (esto es, una proposición sobre un suceso particular), aun cuando sea una sola entre numerosas que sean consistentes con dicha proposición universal. Pero, como se ha señalado en la discusión sobre la inducción, una afirmación universal nunca puede ser probada como verdadera por virtud de la verdad de afirmaciones particulares, no importando qué tan numerosas sean éstas.

Considérese una hipótesis particular de la cual se derivan lógicamente ciertas consecuencias. Considérese el argumento: si la hipótesis es verdadera, entonces la consecuencia específica también debe serlo; es el caso que la consecuencia es verdadera; por lo tanto, la hipótesis es verdadera. Ésta es una manera errónea de inferencia, llamada

por los lógicos "falacia de afirmar lo consecuente". El error de esta clase de inferencia puede ser ilustrado con el siguiente ejemplo trivial. Si las manzanas están hechas de hierro, deben caer al suelo cuando son cortadas del árbol; las manzanas caen cuando son cortadas; por lo tanto, las manzanas son de hierro. La conclusión es inválida aun cuando las dos premisas son verdaderas. En general, puede darse el caso de que haya alguna otra hipótesis de la cual se puedan derivar las mismas consecuencias o predicciones. Los fenómenos observados son verdaderos porque son consecuencias de estas diferentes hipótesis, y no de la utilizada en la deducción.

La forma adecuada de la inferencia lógica para afirmaciones condicionales es la que los lógicos llaman *modus tollens* (*modus* = modo; *tollens* = quitar, rechazar). Puede ser representado por el siguiente argumento. Si una hipótesis particular es verdadera, entonces cierta consecuencia debe ser verdadera; pero la evidencia muestra que la consecuencia no es verdadera; por lo tanto, la hipótesis es falsa. Como ejemplo simple consideremos el siguiente argumento. Si las manzanas están hechas de hierro, se hundirán en el agua; no se hunden, por lo tanto no están hechas de hierro. El *modus tollens* es una forma concluyente de inferencia. Si ambas premisas son verdaderas, la conclusión que refuta la hipótesis se sigue necesariamente.

De este razonamiento se sigue que es posible mostrar la refutabilidad de un enunciado universal concerniente al mundo empírico, pero nunca es posible demostrar su verdad de manera concluyente. Esta asimetría entre la verificación y la refutación se reconoce en la metodología estadística de la prueba de hipótesis. La hipótesis sujeta a contrastación, la *hipótesis nula*, puede ser rechazada si las observaciones son inconsistentes con ella. Si las observaciones son consistentes con las predicciones derivadas de la hipótesis, la conclusión adecuada es que la contrastación no refuta la hipótesis nula, y no que la verdad ha sido establecida.

(El requisito de que las hipótesis científicas sean refutables tiene un paralelo en la inferencia estadística, a saber, en el requerimiento de que el dominio de la contrastación sea mayor que cero. Los estadísticos reconocen dos clases de errores: un error del tipo I, la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera, usualmente llamado error alfa; y un error del tipo II, la probabilidad de no rechazar la hipótesis cuando es falsa, simbolizado como beta. Los científicos ponen considerable atención a los errores del tipo I, y por lo tanto, escogen niveles alfa suficientemente bajos, pero ponen menos atención a los errores del tipo II. No obstante, el poder de la prueba depende de la probabilidad $1-\beta$ de rechazar la hipótesis nula cuando es incorrecta. Por lo tanto, bajos niveles para alfa y para beta son deseables. Aun cuando para cualquier contrastación dada las magnitudes de alfa y beta estén inversamente relacionadas, el valor de beta puede ser reducido ya sea incrementando el tamaño de la muestra o el número de repeticiones en una prueba.)

CONTENIDO EMPÍRICO O "VERACIDAD"

Las pruebas de una hipótesis científica deben tener una probabilidad positiva que lleve a rechazar la hipótesis si ésta es falsa. Una hipótesis científica divide todas las proposiciones factuales particulares en dos subclases. Primero, tenemos la subclase de todas las proposiciones con las cuales es inconsistente; ésta es la subclase de los "refutadores potenciales" de la hipótesis. Segundo, hay una subclase de todas las proposiciones que la hipótesis no contradice, la subclase de las proposiciones "permitidas". Una hipótesis es científica sólo si la clase de sus "refutadores potenciales" no está vacía, porque la hipótesis hace empíricamente afirmaciones significativas sólo acerca de sus refutadores potenciales –afirma que son falsos–. "No por nada llamamos a las leyes de la naturaleza 'leyes'; entre más prohíben más dicen" (Popper, 1959).

El contenido empírico o información de una hipótesis (la "veracidad" expresada por un enunciado científico) es medido por la clase de sus refutadores potenciales. Cuanto más grande sea esta clase, mayor será el contenido de información de la hipótesis. Una hipótesis afirma que sus refutadores potenciales son falsos; si cualquiera de éstos es verdadero, se prueba que la hipótesis es falsa. Una hipótesis o teoría consistente con todos los estados posibles o acontecimientos en el mundo natural (por ejemplo, "las aves tienen alas porque Dios las hizo así; los peces no, por la misma razón") carece de contenido empírico, y por lo tanto, no es científica.

CONTINGENCIA Y CERTEZA EN LA CIENCIA

Las hipótesis científicas sólo pueden ser aceptadas contingentemente, ya que su verdad nunca puede ser concluyentemente establecida. Esto no significa que tengamos el mismo grado de confianza en todas las hipótesis que no han sido aún refutadas. De una hipótesis que ha pasado por muchas contrastaciones empíricas se puede decir que está "probada" o "corroborada". El grado de corroboración no es simplemente cuestión del número de contrastaciones, sino de su severidad. Las pruebas severas son precisamente aquéllas que probablemente darán resultados incompatibles con la hipótesis si la hipótesis es falsa. Cuanto más precisas sean las predicciones contrastadas, más severo será el examen. Una contrastación crítica o crucial es un experimento para el cual se dan hipótesis antagonistas que predicen resultados alternativos y mutuamente excluyentes. Una contrastación crítica, por lo tanto, corroborará una hipótesis y refutará las otras.

Un ejemplo es el experimento realizado por Mathew Meselson y Franklin Stahl (1958) para probar el modelo de la doble hélice propuesto por James Watson y Francis Crick (1953) que marca el comienzo de la biología molecular, una de las grandes revoluciones científicas de todos los tiempos. El modelo de la doble hélice predice que la replicación del DNA es "semiconservativa"; esto quiere decir que cada molécula hija de DNA constará de una hebra parental (la hebra conservada) y de una nueva hebra sintetizada. Otros dos modelos posibles de replicación

son *1)* el modelo conservativo, de acuerdo al cual la molécula de DNA parental es conservada completamente y la molécula hija consiste totalmente en nuevo DNA sintetizado; y *2)* el modelo *disperso*, de acuerdo al cual ambas moléculas hijas de DNA son sintetizadas *de novo* y la molécula parental es degradada en los fragmentos que la componen (nucleótidos), los cuales son posteriormente utilizados, junto con nucleótidos adicionales en la síntesis de moléculas hijas de DNA.

Meselson y Stahl produjeron bacterias que contenían nitrógeno radiactivo (el isótopo N^{15}) en su DNA; luego transfirieron esas bacterias a un medio que contenía nitrógeno ligero (N^{14}). También tenían un método para determinar exactamente la densidad del DNA en las bacterias. El modelo de la doble hélice predecía que después de una generación de replicación todo el DNA tendría una densidad intermedia (ya que una hebra de cada molécula tendría nitrógeno radiactivo y la otra hebra nitrógeno ligero). Esto también lo predecía el modelo disperso (pues cada molécula tendría más o menos el mismo número de nucleótidos pesados y ligeros), no así el modelo conservativo (el cual predecía que la mitad de las moléculas de DNA serían pesadas y la otra mitad ligeras). El modelo de la doble hélice predecía que después de una segunda ronda de replicación, la mitad de las moléculas de DNA serían intermedias en densidad y la otra mitad sería ligera. Los otros dos modelos llevaban a predicciones distintas para la segunda generación de moléculas. En particular, el modelo disperso predecía que todas las moléculas de DNA serían idénticas unas a otras, con densidades de un cuarto del rango entre las moléculas ligeras y pesadas. Las predicciones de los tres modelos eran también distintas para la tercera y demás rondas de replicación. Meselson y Stahl llevaron a cabo experimentos críticos y corroboraron el modelo de la doble hélice y rechazaron los otros dos.

Cuanto mayor sea la variedad de contrastaciones severas a las que se resista una hipótesis, mayor será su grado de corroboración. Las hipótesis o teorías pueden, por lo tanto, llegar a ser establecidas sin que se les pueda poner en duda razonablemente. El modelo de la doble hélice del DNA, por ejemplo, también fue corroborado por un experimento realizado por J. Herbert Taylor y sus colegas (1957) utilizando DNA de raíces de plantas, marcado autorradiográficamente, y por la observación directa en el microscopio de cromosomas en replicación (los cuerpos celulares que contienen el DNA; véase Cairns, 1963). Desde la década de los sesenta, las observaciones y experimentos que han corroborado el modelo de la doble hélice (y refutado modelos alternativos del material hereditario) son tan numerosos (y consistentes) como para hacer imposible resumirlos aun en una discusión del tamaño de un libro.

"HECHO" Y "TEORÍA" EN LA CIENCIA

Algunas veces los científicos se refieren a las hipótesis o modelos científicos que se han establecido, más allá de la duda razonable, como "hechos". Por ejemplo, la composi-

ción molecular de la materia, la doble hélice del DNA y la evolución de los organismos, se dice, son hechos. La posibilidad teórica de que éstas y otras hipótesis o explicaciones puedan ser incorrectas permanece como una abstracción, pero han sido confirmadas de tantas formas, y se ha construido tanto conocimiento sobre tales hipótesis, que sería totalmente irracional esperar que se probara, en un futuro, que son incorrectas. Simplemente no esperamos que el sol deje de salir o que la nieve se derrita en algo distinto al agua.

Los científicos, sin embargo, algunas veces se refieren a una hipótesis bien establecida o explicación llamándola "teoría" o "modelo". Los científicos, por ejemplo, hablan de la "teoría molecular de la materia" o de la "teoría de la evolución". Estas expresiones no ponen en duda que el conocimiento en cuestión esté bien corroborado. Más bien, en el uso científico, el término "teoría" a menudo implica un cuerpo de conocimiento, un grupo de explicaciones y principios relacionados entre sí, y los hechos que los sostienen. El uso científico difiere en esto, como en muchos otros casos, del uso común. En lenguaje común, una "teoría" es un hecho imperfecto, una explicación para la cual hay muy poca o ninguna evidencia; como en la afirmación "yo tengo mi propia teoría de quién asesinó al presidente Kennedy".

ERROR Y FRAUDE EN LA CIENCIA

El procedimiento por el cual las hipótesis científicas son empíricamente probadas o rechazadas (el *modus tollens*) es un método lógicamente concluyente –si una consecuencia necesaria de una premisa es falsa, entonces, la premisa lo es también. No obstante, el proceso de refutación está sujeto a error humano. Es posible, por ejemplo, que una observación o un experimento que contradigan una hipótesis hayan sido erróneamente formulados o interpretados. Por lo tanto, se requiere a menudo, particularmente en el caso de hipótesis importantes bien corroboradas, que la observación refutadora pueda ser repetida o que se hagan otras pruebas refutadoras.

El *modus tollens* puede también llevar a una conclusión errónea si la predicción examinada no es una consecuencia lógica necesaria de la hipótesis. Por lo general, la conexión entre una hipótesis y las predicciones específicas derivadas de ella no es un asunto sencillo. La validez lógica de una inferencia puede depender no sólo de la hipótesis que está siendo probada, sino de otras hipótesis, ya sean explícitamente formuladas o no, así como de suposiciones que atañen a las condiciones particulares en las cuales se dan las inferencias deducidas (condiciones "limitadoras"). Si una predicción particular es refutada, se sigue que la hipótesis probada, así como las otras hipótesis necesariamente implicadas y las condiciones limitadoras no pueden ser todas ellas verdaderas. Existe la posibilidad de que una de las hipótesis subsidiarias o alguna condición asumida sean falsas. Por lo tanto, una prueba adecuada para una hipótesis asume (y en algunos casos, examina) la validez de todas las otras hipótesis y condiciones involucradas en el diseño y realiza-

ción del experimento u observación por medio del cual va a ser probada la hipótesis.

Las conclusiones erróneas en ciencia son, a menudo, consecuencia de suposiciones erróneas en el diseño o en la realización de los experimentos. Las suposiciones erróneas pueden ser hipótesis erróneas que se consideran correctas, o errores en las condiciones o materiales utilizados. Una razón por la cual los científicos invierten gran parte de su tiempo y esfuerzo en procesos de revisión entre colegas (véase más adelante) es que desean eliminar hipótesis erróneas, así como procedimientos incorrectos.

Un experimento (como los requeridos, por ejemplo, para investigar cuestiones de genética de poblaciones) puede llevar varios meses y requerir la inversión de muchos miles de dólares para costos de material, trabajo y equipo. Es por esta razón también que los científicos deben especificar en detalle el material, las condiciones y procedimientos utilizados en sus experimentos. En el formato estándar de un artículo científico hay una detallada sección, con frecuencia titulada “Materiales y métodos”, que sigue a la introducción donde se plantea el problema, pero precede a la presentación de los resultados. Ya que el trabajo del científico depende de la validez del trabajo de otros, los científicos examinan de manera cuidadosa los trabajos de sus colegas. Seguramente ocurren abusos, pero en general son los científicos mismos quienes los descubren.

El fracaso de contrastación adecuada es usualmente la violación que lleva a conclusiones científicas erróneas. Pero aunque estas conclusiones tengan importancia teórica o práctica, otros científicos realizarán pruebas adicionales y descubrirán los errores. La contrastación impropia o inadecuada está a menudo acompañada de otras violaciones de los cánones de la ciencia. Como veremos posteriormente, Robert Koch, el descubridor del bacilo de la tuberculosis, hizo uso de su considerable prestigio para evitar someter su propuesta de haber encontrado la cura de la tuberculosis a revisiones críticas antes de anunciar su “descubrimiento”. Los proponentes de la fusión fría cometieron el mismo error de contrastación inadecuada, pero también buscaron gran publicidad y soporte financiero comunicando sus conclusiones a los medios de comunicación, en lugar de someterlas antes a la revisión de sus colegas y a la publicación en revistas científicas.

Los errores en la ciencia no siempre se deben a presupuestos equívocos ni son por lo general fraudulentos. Hay cuatro pasos en lo que es una progresión continua que va del error inevitable al fraude (National Academy of Sciences, 1989).

En primer lugar, nos encontramos con “caprichos de la naturaleza”, eventos que pueden suceder aunque sean poco probables o debido a leyes desconocidas de la naturaleza. Esta situación puede ser ilustrada con un ejemplo, que es únicamente una caricatura. Supongamos que se le pide a un científico averiguar si saldrá la cara o la cruz de una moneda con la misma probabilidad. El científico tira la moneda 20 veces, obtiene caras todas las veces, y concluye que la moneda está sesgada. Con

todo, este resultado es compatible con una moneda sin sesgo: la probabilidad de que en las 20 tiradas salga siempre cara es de una millonésima. El ejemplo es una caricatura, ya que un experimento tan simple debería ser repetido muchas más veces antes de llegar a alguna conclusión. La posibilidad de que ocurran estos caprichos de la naturaleza es una razón por la cual los científicos repiten los experimentos.

Los errores también pueden deberse a equivocaciones "honestas". Un científico puede utilizar por equivocación el material incorrecto, medir erróneamente, o suponer las condiciones equivocadas. Estos errores se descubren normalmente por la repetición. Pero un científico no tiene tiempo o recursos ilimitados, así que hasta el más concienzudo de los científicos puede cometer un error. Los errores de este tipo son corregidos cuando otros científicos reproducen los experimentos o cuando contrastan la misma hipótesis de alguna otra forma.

Una tercera fuente de error es la negligencia. Un científico puede llegar a una conclusión errónea por prisa, descuido o desidia. Éstas y otras faltas similares son violaciones a los estándares esperados en ciencia y son reprobadas por los científicos, aun cuando los resultados erróneos no sean intencionales.

Finalmente, tenemos el fraude rotundo, cuando un científico oculta, modifica o fabrica los resultados. Ésta es una violación aún más grave de los estándares científicos que el descuido, y es proporcionalmente penalizada cuando se descubre. La desidia y el fraude pueden ocasionar incontables daños a la empresa científica, pero las conclusiones basadas en ellos es poco probable que persistan, ya que otros científicos buscarán corroborar o refutar cualquier resultado de interés. Algunas veces estos errores serán descubiertos, con altos costos personales, cuando se asume su validez en experimentos realizados por otros científicos.

EL MÉTODO CIENTÍFICO EN LA PRÁCTICA

El modelo de práctica científica que hemos bosquejado puede ser ejemplificado *ad infinitum* en la historia de la ciencia. Ejemplos bien conocidos son los experimentos de Galileo y de Newton, por los cuales demostraron las leyes del movimiento; igualmente, las mediciones de Pascal sobre la presión atmosférica, la demostración de William Harvey sobre la circulación de la sangre, el rechazo que hizo Antoine Lavoisier de la teoría del flogisto y su demostración de la existencia del oxígeno, los experimentos de Louis Pasteur sobre la fermentación y putrefacción, mostrando que son ocasionadas por organismos vivos y algunos otros. Hemos bosquejado anteriormente otro ejemplo: el experimento de Meselson y Stahl, con el que demostraron que el DNA se replica tal como lo predice el modelo de la doble hélice. Los dos episodios que caracterizan el conocimiento científico se pueden ver en todos los casos: la formulación de una hipótesis osada está asociada con experimentos inteligentemente diseñados para refutar la hipótesis si ésta no es correcta.

Enseguida se describe, de una manera algo más detallada, otro ejemplo: el des-

cubrimiento de las leyes de la herencia de Mendel y la formulación de una teoría que constituye el núcleo de la genética. El ejemplo de Mendel es significativo porque manifiesta el diálogo entre hipótesis y experimento. Los experimentos iniciales diseñados para probar hipótesis simples (por ejemplo, si tanto los rasgos maternos como paternos son transmitidos a la progenie) llevaron a la formulación de nuevas hipótesis (la primera y segunda leyes de la herencia), las cuales fueron posteriormente contrastadas e impulsaron una teoría general de la herencia, la cual fue entonces objeto de experimentos críticos. Es notable que todo esto se llevara a cabo en un solo trabajo científico, siendo su autor un humilde maestro de escuela.

UN PARADIGMA HISTÓRICO: EL DESCUBRIMIENTO DE MENDEL DE LAS LEYES DE LA HERENCIA

Gregorio Mendel era un monje agustino que vivió en la ciudad austriaca de Brünn (ahora Brno, República Checa). Estudió con distinguidos científicos en la Universidad de Viena y se convirtió en maestro de ciencias del bachillerato. Tuvo éxito donde sus contemporáneos y predecesores distinguidos habían fracasado: descubrió las leyes de la herencia y formuló la teoría sobre la cual se construyó toda la genética moderna.

Mendel realizó experimentos con plantas de guisante y reportó sus descubrimientos en un trabajo publicado en 1866, "Experimentos en hibridación de plantas", notable por su lúcido conocimiento de los requisitos del método científico. Mendel formuló hipótesis; examinó su consistencia con resultados previos; luego sometió las hipótesis a severa contrastación crítica y sugirió pruebas adicionales que podrían ser realizadas más adelante.

El genio de Mendel es evidente en su reconocimiento de las condiciones requeridas para formular y contrastar una teoría de la herencia: diferentes caracteres en una planta (tales como el color de la flor o la forma de la semilla) deben ser considerados individualmente; estados alternativos de los caracteres deben diferir de manera bien clara (como los colores morado o blanco de la flor); se debe conocer con precisión el ancestro de las plantas utilizando únicamente líneas de razas puras en los experimentos. (En el lenguaje técnico moderno, éstas son "condiciones limitantes" que deben obtenerse con el fin de establecer los patrones conforme a los cuales los caracteres paternos son heredados por su progenie.) Las hipótesis de Mendel fueron formuladas en términos probabilísticos; por consiguiente, obtuvo grandes muestras y las sometió a análisis estadístico.

Mendel estudió la transmisión de siete caracteres diferentes en el guisante de jardín, *Pisum sativum*, incluyendo el color de la semilla (amarillo *vs.* verde), la configuración de la semilla (lisa *vs.* rugosa) y el tamaño de la planta (altas *vs.* enanas). Los resultados de los experimentos de Mendel son bien conocidos como para que necesiten una presentación detallada, pero merece la pena analizar los distintos pasos de su

metodología. Su primera serie de experimentos fue con plantas que diferían en un solo carácter. Las regularidades observadas lo llevaron a ciertas generalizaciones formuladas en forma de ley: sólo uno de los dos caracteres (el carácter dominante) aparece en la primera generación de la progenie; después de la autofecundación, tres cuartos de la segunda generación de progenie exhiben el carácter dominante, y un cuarto exhibe el otro carácter (recesivo); las plantas de la segunda generación que exhiben el rasgo recesivo dan lugar a razas puras en las siguientes generaciones, pero las plantas que exhiben la característica dominante son de dos tipos, un tercio dará lugar a razas puras, y los otros dos tercios son híbridos. Mendel contrastó estas generalizaciones repitiendo sus experimentos para cada uno de los siete caracteres. Estas generalizaciones fueron resumidas en una ley, llamada posteriormente Principio de la Segregación: las plantas híbridas producen semillas que son la mitad híbridas, un cuarto puras para el carácter dominante y un cuarto puras para el carácter recesivo.

Mendel contrastó la hipótesis de la segregación derivando y verificando predicciones adicionales. Por ejemplo, predijo que después de n generaciones de autofecundación la proporción entre plantas de raza pura y plantas híbridas en la progenie de un híbrido debería ser de $2n-1$ a 1. Explícitamente formuló que esta predicción prevalecería sólo si se da la condición de que todas las plantas tengan "el mismo promedio de fertilidad [...] en todas las generaciones".

El estudio de las progenies de cruzas entre plantas que difieren en dos características (e.g., semillas lisas y amarillas en uno de los progenitores y semillas arrugadas y verdes en el otro progenitor) le permitió formular una segunda ley, que más tarde fue llamada Principio de la Recombinación Independiente. "El principio implica que en la progenie de híbridos en los cuales varios caracteres esenciales son combinados [...] la relación de cada par de caracteres diferentes en uniones híbridas es independiente de las otras diferencias en las dos estirpes parentales originales". Corroboró este principio examinando las progenies de plantas que difieren en tres y cuatro caracteres. Predijo correctamente y corroboró experimentalmente que en las progenies de plantas híbridas para n caracteres habrá 3^n clases diferentes de plantas.

La formulación y la corroboración experimental de los dos principios establecidos (también conocidos como la primera y segunda leyes de la herencia) ocupan aproximadamente la primera mitad del trabajo de Mendel. En este punto Mendel adelanta lo que él propiamente llamó una "hipótesis" o teoría para explicar los resultados experimentales previos y las dos leyes. La segunda mitad del trabajo está dedicada a deducir predicciones de la teoría y a contrastarlas.

La teoría de Mendel de la herencia contiene los siguientes elementos: *1)* para cada carácter, en cualquier planta, sea híbrida o no, hay un par de factores hereditarios ("genes"); *2)* estos dos factores son heredados, uno de cada padre; *3)* los dos factores de cada par se segregan durante la formación de las célu-

las sexuales, de manera que cada célula recibe sólo un factor; *4)* cada célula sexual recibe uno u otro factor de un par con una probabilidad de un medio; *5)* los factores alternativos para diferentes caracteres se asocian al azar en la formación de las células sexuales.

El bien merecido reconocimiento de Mendel como uno de los más grandes científicos de todos los tiempos se basa particularmente en la formulación de esta teoría de la herencia. Mendel estaba también consciente del estatus lógico de su propuesta, es decir, que era una hipótesis que requería corroboración experimental. Poco después de haber formulado la teoría resumida en el párrafo anterior, escribió: "Esta hipótesis bastaría para dar cuenta del desarrollo de los híbridos en generaciones separadas", esto es, la hipótesis era consistente con los experimentos previos. Pero esto no era suficiente, como él mismo reconoció, ya que la teoría había sido diseñada para concordar con los resultados. Nuevas pruebas serían requeridas. Añadió: "Con el fin de someter estas proposiciones a una prueba experimental, se diseñaron los siguientes experimentos". Los experimentos fueron dos series de retrocruzamientos que confirmaron la segregación y el arreglo independiente en las células huevo, y luego en las células del polen.

LA DESTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO POR LA IDEOLOGÍA: LYSENKO Y LA GENÉTICA EN LA UNIÓN SOVIÉTICA

Febrero de 1935. El agrónomo Trofim Denisovich Lysenko –un charlatán oportunista con pretensiones de gran científico revolucionario– se dirige al Segundo Congreso de Granjas Colectivas sobre la penosa situación de la agricultura soviética. Lysenko castiga a los genetistas soviéticos, acusándolos de ser enemigos del pueblo, ya que destruyen la agricultura soviética al depender de teorías abstractas importadas del Occidente capitalista. Stalin, que preside el acto, expresa su aprobación: "¡Bravo, camarada Lysenko, bravo!"

La aprobación pública de Stalin consumó el meteórico ascenso de Lysenko al poder y la fama. Por tres largas décadas, hasta la caída de Kruschev, en octubre de 1964, Lysenko y sus partidarios presidieron y controlaron la agricultura soviética, impusieron sus ideas en biología y completaron la eliminación de la genética soviética (y de numerosos genetistas soviéticos que fueron sentenciados a muerte, enviados a campos de concentración, o en el mejor de los casos despedidos de sus trabajos de enseñanza e investigación). En consecuencia, la Unión Soviética, un país con enorme potencial agrícola, devendría, por muchos años, insuficiente en agricultura y se estancaría en biología (contrariamente a su éxito en otras disciplinas, como la física y las matemáticas).

Lysenko denunció a la genética como una ciencia capitalista que perpetuaba la noción de que hay diferencias cualitativas –afirmando que tenían su origen en los genes– entre plantas, animales o gente. Tales diferencias inmutables no existen, de acuerdo con Lysenko; las diferencias entre los individuos se deben a los efectos del ambiente y pueden ser radicalmente mo-

dificadas exponiendo los organismos a retos ambientales apropiados. Por lo tanto, la producción de nuevas cosechas, o su adaptación a nuevos hábitats, no necesitan pasar por un largo proceso de selección de los genotipos adecuados, como proponen los capitalistas, sino que puede lograrse simple y rápidamente exponiendo las semillas de plantas jóvenes a las condiciones apropiadas. En la cima de su poder, bajo la aprobación protectora de Stalin, las absurdas ideas de Lysenko incluían la afirmación de que en el ambiente apropiado las plantas de trigo producen semillas de centeno.

Lysenko prometió rápido incremento en la producción de las cosechas y en la transformación de tierras estériles o pobres en tierras fértiles y productivas. Introdujo prácticas como el método de "vernalización" para la adaptación de las semillas a climas duros, o el sistema pastizal de rotación de los cultivos, que resultaron ser enormes catástrofes para la agricultura. Suprimió la investigación en genética y eliminó la enseñanza de esta disciplina en las universidades e institutos de agricultura.

¿Cómo pudieron afirmaciones absurdas de tan enorme magnitud y consecuencia económica persistir por décadas? Por supuesto, tuvieron que ver factores sociales y políticos, entre otros. Lo relevante para el propósito actual es que Lysenko esquivó las prácticas tradicionales de la ciencia. Evitó las pruebas que, diseñadas apropiadamente, pudieran refutar sus teorías y, en su lugar, respaldó sus afirmaciones con experimentos mal elaborados y que pudieran ser interpretados a voluntad. Cualquier evidencia que mostrara lo contrario fue negada o denunciada con base en que nada que contradijera la ideología dominante del marxismo-leninismo podía estar en lo correcto. El enorme fracaso de las prácticas agrícolas de Lysenko fue atribuido a la subversión de los campesinos y de los enemigos del pueblo. Cualquier evidencia, cualquier práctica, cualquier teoría era juzgada por su congruencia con la ideología marxista; sólo aquellas acciones que servían a la causa del Estado soviético estaban justificadas.

Hasta qué punto las consideraciones políticas, en vez de la práctica científica predominaban en esta historia, se pone de manifiesto en el registro estenográfico de la sesión de la Academia Lenin para la Ciencia de la Agricultura de la URSS (julio 31-agosto 7, 1948). En esa ocasión, Lysenko destrozó lo que quedaba de la genética (y de los genetistas) en la Unión Soviética. En el discurso inaugural, Lysenko declara:

> El partido, el gobierno y personalmente J. V. Stalin, han tenido un interés persistente en el desarrollo ulterior de la enseñanza de Michurin. No hay empresa más honorable para nosotros, como biólogos soviéticos, que el desarrollar creativamente la enseñanza de Michurin. (Iván Vladimirovich Michurin [1855-1935] fue el horticultor ruso cuyas ideas sobre la herencia de los caracteres adquiridos eran consagradas por Lysenko.)

La transcripción de la última reunión de la sesión de la Academia incluye las observaciones concluyentes de Lysenko:

> Camaradas, antes de pasar a mis observaciones concluyentes, considero mi deber hacer la siguiente declaración. Se me pregunta en una de las notas que me han pasado, "¿cuál es la actitud del Comité Central del Partido con respecto a mi reporte?" Yo respondo: el Comité Central del Partido ha analizado mi reporte y lo ha aprobado. (Estruendosos aplausos. Ovaciones. Todos de pie.)
>
> ¡Viva la enseñanza de Michurin, que muestra cómo transformar a la naturaleza viva para el beneficio del pueblo soviético! (Aplausos.)
>
> ¡Viva el partido de Lenin y Stalin, quienes descubrieron a Michurin para el mundo (aplausos) y crearon las condiciones para el progreso y avance de la biología materialista en nuestro país! (Aplausos.)
>
> ¡Gloria al gran amigo de la ciencia, nuestro líder y maestro, camarada Stalin! (todos de pie, aplausos prolongados.)

La transcripción completa de la sesión ha sido traducida al inglés y publicada en *The Situation in Biological Sciences* (véase L. Warren y H. Koprowski, 1991, p. 74).

EL CURIOSO CASO DE DARWIN O LA DISCREPANCIA ENTRE LO QUE LOS CIENTÍFICOS DICEN Y LO QUE HACEN

Muy pocos científicos en el siglo XIX o en cualquier momento anterior igualan la clara delineación de Mendel del método científico que él seguía. En los países de habla inglesa, los científicos adelantaban sus hipótesis y luego las probaban en su trabajo, pero a menudo afirmaban en sus escritos que seguían la ortodoxia del induccionismo proclamada por los filósofos como el método para la buena ciencia. Darwin es un notable ejemplo de esta discrepancia.

En su *Autobiografía*, Darwin dice que procedió "según los principios baconianos" y que sus observaciones no estaban hechas "a partir de una teoría" (1958, p. 119). El párrafo inicial de *El origen de las especies* transmite la misma impresión:

> Cuando estaba como naturalista a bordo del *Beagle*, me impresionaron mucho ciertos hechos sobre la distribución geográfica de los seres orgánicos que viven en América del Sur y sobre las relaciones geológicas entre los habitantes actuales y los pasados de aquel continente. Tales hechos parecían dar alguna luz sobre el origen de las especies, este misterio de los misterios, como lo ha llamado uno de nuestros mayores filósofos. A mi regreso a Inglaterra, ocurrióseme, en 1837, que acaso se podría llegar a descifrar esta cuestión *acumulando pacientemente y reflexionando sobre toda clase de hechos que pudiesen tener quizá alguna relación con ella*. Después de cinco años de trabajo me permití discurrir especulativamente sobre el asunto y redacté unas breves notas, ampliadas en 1844, formando así un bosquejo de las conclusiones que entonces me parecían probables. Desde este periodo hasta el día de hoy me he dedicado invariablemente al mismo asunto. (Cursivas nuestras.)

En muchos otros escritos, Darwin afirma haber seguido los cánones inductivistas, pero los hechos son muy distintos de estas afirmaciones. Sus notas y su correspondencia privada denotan que formuló la hipótesis de la transmutación evolutiva de las especies tiempo después de haber vuelto de su viaje en el *Beagle*, y que la hipótesis de la selección natural se le ocurrió en 1838 –varios años antes de cuando él admite haberse permitido por primera vez el lujo de "especular sobre el asunto"–. Entre el regreso del *Beagle* –el 2 de octubre de 1836 y la publicación de *El origen de las especies* (y, de hecho, hasta el final de su vida)–, Darwin persiguió inexorablemente evidencias empíricas para corroborar el origen evolutivo de los organismos, y para contrastar su teoría de la selección natural.

¿Por qué esta disparidad entre lo que hacía y lo que afirmaba? Hay por lo menos dos razones. Primero, en aquellos tiempos, el término "hipótesis" era generalmente reservado para especulaciones metafísicas sin contenido empírico. Ésta es la razón por la que Newton, el mayor teórico entre todos los científicos, también afirmaba *Hypotheses non fingo* ("yo no fabrico hipótesis"). Darwin expresaba disgusto y, más aún, desprecio por las hipótesis que no pueden ser contrastadas empíricamente. Acerca de Herbert Spencer escribió:

> Su manera deductiva de tratar cualquier tema es totalmente opuesta a mi manera de pensar. Sus conclusiones nunca me convencieron [...] sus generalizaciones fundamentales (¡que han sido comparadas en importancia por algunas personas con las leyes de Newton!) las cuales, me atreveré a decir, pudieran ser muy valiosas desde un punto de vista filosófico, son de tal naturaleza que no me parece que sean de ningún valor estrictamente científico. Se trata más de definiciones que de leyes de la naturaleza. No me ayudan a predecir qué sucederá en cualquier caso particular (1958, p. 109).

Hay otra razón, una razón de táctica, de por qué Darwin afirmaba proceder de acuerdo con los cánones inductivistas. Él no quería ser acusado de sesgos subjetivos en la evaluación de la evidencia empírica. Esto se muestra en una carta que escribe en 1863 a un joven científico: "Yo le sugeriría a usted la ventaja, por ahora, de ser muy comedido en introducir teoría en sus trabajos; *deje que la teoría guíe sus observaciones*, pero sea parco en publicar teoría hasta que su reputación esté bien establecida, porque si no las personas dudarán de sus observaciones". (F. Darwin, 1903, 2:323; véase también Hull, 1973). De manera semejante, los científicos de hoy en día, jóvenes o no, frecuentemente reportan sus trabajos de manera que hacen que sus hipótesis parezcan como conclusiones derivadas de la evidencia que acaban de observar, en vez de presentarlas como preconcepciones contrastadas por observaciones empíricas.

Darwin rechazaba la afirmación inductivista de que las observaciones no deberían estar guiadas por las hipótesis. El enunciado citado anteriormente, "un hombre pudiera igualmente ir a una mina de grava y

contar los guijarros y describir los colores", es seguida por esta observación significativa: "Qué extraño es que cualquiera pueda no ver que todas las observaciones deben estar a favor o en contra de algún punto de vista si van a servir a algún propósito" (F. Darwin, 1903, 1:195). Él reconocía el papel heurístico de las hipótesis, las cuales guían la investigación empírica diciéndonos qué es lo que merece ser observado, qué evidencia buscar. Y confesaba: "No puedo evitar formular una [hipótesis] sobre cada tema" (1958, p. 141).

Darwin era un excelente practicante del método hipotético-deductivo de la ciencia, como los estudiantes actuales de Darwin han mostrado abundantemente (DeBeer, 1964; Mayr, 1964; Ghiselin, 1969; Hull, 1973). Darwin avanzaba hipótesis en muchos campos, incluyendo geología, morfología y fisiología de plantas, psicología y evolución, y sometía sus hipótesis a contrastación empírica. "La línea de argumentación frecuentemente seguida en mi teoría es el establecer un punto como probable por inducción y aplicado como una hipótesis a otras para ver si las resuelve" (Darwin, 1960). Popper (1934) no sólo ha puesto en claro que la refutabilidad es el criterio de demarcación que separa las ciencias empíricas de otras formas de conocimiento, sino también que la refutación de hipótesis aparentemente verdaderas contribuye al avance de la ciencia. Darwin reconoció esto:

> Los hechos falsos son altamente injuriosos para el progreso de la ciencia, ya que frecuentemente perduran; pero propuestas erróneas apoyadas por alguna evidencia, no ocasionan gran daño, ya que todo el mundo encuentra un sano placer en probar su falsedad; y cuando esto sucede, se cierra el camino hacia el error y al mismo tiempo se abre el camino hacia la verdad (Darwin, 1871, 2ª ed., p. 606).

Algunos filósofos de la ciencia han afirmado que la biología evolutiva es una ciencia histórica que no necesita satisfacer los requisitos del método hipotético-deductivo. La evolución de los organismos, se ha argumentado, es un proceso histórico que depende de eventos únicos e impredecibles, y por lo tanto, no está sujeto a la formulación de teorías e hipótesis contrastables. Dichas afirmaciones emanan de un malentendido monumental. Hay dos tipos de cuestiones en el estudio de la evolución biológica (Dobzhansky, 1951, pp. 11-12). Unas conciernen a la historia: el estudio de la filogenia, el desenmarañamiento y descripción del curso actual de la evolución sobre la Tierra, que ha conducido al estado actual del mundo biológico. Las disciplinas científicas que contribuyen al estudio de la filogenia incluyen la sistemática, la paleontología, la biogeografía, la anatomía comparada, la embriología comparada y la bioquímica comparada. El segundo tipo de cuestiones concierne a la elucidación de los mecanismos o procesos que causan el cambio evolutivo. Estas cuestiones tratan con las relaciones causales más que con las históricas. La genética de poblaciones, la ecología de poblaciones, la paleobiología y

muchas otras ramas de la biología son las disciplinas relevantes.

Puede haber cierta duda de que el estudio causal de la evolución proceda mediante la formulación y la contrastación empírica de las hipótesis, de acuerdo con la misma metodología hipotético-deductiva característica de las ciencias fisicoquímicas y otras disciplinas que se ocupan de los procesos causales. Pero aun el estudio de la historia evolutiva se basa en la formulación de hipótesis empíricamente contrastables. Consideremos un sencillo ejemplo. Durante muchos años, los especialistas mantenían que el linaje evolutivo que condujo hacia el hombre se separó de los linajes que condujeron hacia los grandes monos (chimpancé, gorila, orangután) antes de que los linajes de los grandes monos se separaran entre sí. Algunos autores recientes han sugerido, por el contrario, que el hombre, los chimpancés y los gorilas están más cercanamente relacionados entre sí, en contraste con el chimpancé y el gorila con respecto al orangután. Un gran número de predicciones empíricas puede ser derivado lógicamente de estas hipótesis. Una predicción concierne al grado de similitud entre enzimas y otras proteínas. Se sabe que la tasa de sustitución de aminoácidos es aproximadamente constante, cuando se toman en cuenta muchas proteínas y largos periodos de tiempo. Si la primera hipótesis es correcta, el grado promedio de diferenciación debería ser mayor entre el hombre y los monos africanos, que entre éstos y los orangutanes. Por otro lado, si la segunda hipótesis es correcta, el hombre y los chimpancés deberían presentar una mayor similitud proteínica que la que presenta cualquiera de los dos en relación con los orangutanes. Estas predicciones alternativas proporcionan una contrastación empírica crítica de las hipótesis. Los datos disponibles favorecen la segunda hipótesis. El hombre, los chimpancés y los gorilas parecen estar más relacionados filogenéticamente entre sí, que como lo está cualquiera de ellos con los orangutanes.

Ciertas disciplinas biológicas importantes para el estudio de la evolución son principalmente descriptivas. La descripción y la clasificación son actividades necesarias en todas las ramas de la ciencia, pero tienen un papel más importante en ciertas disciplinas biológicas, como la sistemática y la biogeografía, que en otras disciplinas, como la genética de poblaciones. Sin embargo, aun la sistemática y la biogeografía utilizan el método hipotético-deductivo y formulan hipótesis empíricamente contrastables.

REEMPLAZO DE TEORÍAS: EL FLOGISTO Y LAVOISIER; LA MECÁNICA NEWTONIANA Y EINSTEIN

La ciencia es progresiva. Las teorías que son aceptadas en un momento dado pueden ser rechazadas después. Más común aún, sin embargo, particularmente en las disciplinas bien desarrolladas, es que una teoría que explica mucho de lo que se sabe es eventualmente reemplazada por una teoría distinta que explica los mismos fenómenos, así como otros más que la primera dejaba sin explicar. Dos ejemplos ilustran ambas situaciones: la

teoría del flogisto que fue reemplazada por el descubrimiento del oxígeno por Lavoisier y su teoría de la combustión, y la teoría de Newton sobre el movimiento, que fue reemplazada por la teoría de la relatividad.

Johann Becher propuso en 1669 que la materia consistía de tres tipos de tierra: la vitrificable, la mercúrica y la combustible. Una sustancia como la madera consistía en tierra combustible más cenizas. Cuando la madera se quemaba, la tierra combustible era liberada. Medio siglo después, la tierra combustible hipotética fue llamada "flogisto" por Georges Stahl, quien afirmaba que la corrosión de los metales también era una forma de combustión, y que en el proceso se perdía flogisto. La teoría del flogisto fue aceptada por Joseph Priestley y otros eminentes científicos del siglo XVIII.

La teoría del flogisto fue demolida por Antoine Lavoisier en una serie de experimentos publicados en 1787. Esta publicación fue seguida en 1789 por su *Traité élémentaire de chimie*, que bien podría ser considerado el tratado que da inicio a la química moderna. Lavoisier rechazaba la teoría del flogisto con la base de que conducía a predicciones erróneas. Primero notó que las cenizas de la madera y otras sustancias orgánicas quemadas pesaban menos que las mismas sustancias antes de ser quemadas, mientras que el sulfuro y el fósforo pesaban más, aunque el flogisto hubiera sido liberado en ambos casos de acuerdo con la teoría. Lavoisier contrastó la teoría del flogisto, pesando sistemáticamente todas las sustancias involucradas en la combustión o en la calcinación de una gran variedad de sustancias orgánicas, así como de metales. Estos experimentos manifestaron la presencia de dos sustancias en el aire; una (a la cual llamó oxígeno) era absorbida al quemar, la otra era el aire "no vital" (nitrógeno) que se quedaba como residuo. Entonces propuso que la combustión no era el resultado de la liberación del flogisto hipotético, sino de la combinación de la sustancia que se quemaba con el oxígeno. Contrastó su teoría con experimentos diseñados cuidadosamente, en los que todas las sustancias involucradas eran pesadas antes y después de ser quemadas; e incluso extendió la teoría a otros procesos que implicaban oxidación, como la oxidación del hierro y otros fenómenos naturales. De manera similar, Lavoisier explicó que el producto de la combinación del oxígeno con el hidrógeno era el agua. Aplicó esta metodología de contrastar teorías por medio de la predicción de sucesos y la medición precisa de sus resultados para resolver numerosas cuestiones de interés público. Es bien conocido que en una ocasión colaboró con Benjamin Franklin para bajar de su pedestal a Franz Anton Mesmer, quien afirmaba que era capaz de curar por medio de "magnetismo animal".

La teoría del flogisto también ilustra una importante dimensión del proceso científico: la aversión de los científicos por rechazar las teorías aceptadas antes de que sea formulada otra que dé cuenta de los fenómenos explicados por la teoría preexistente. Joseph Priestley y otros científicos contemporáneos suyos siguieron aceptando durante algún tiempo la teoría del flogisto,

aun a la luz de experimentos refutadores. La teoría del flogisto sólo fue generalmente rechazada hacia finales del siglo XVIII, después de que Lavoisier había desarrollado y corroborado su propia teoría de la combustión.

El avance científico ocurre no sólo, como en el caso del flogisto, por medio del reemplazo de una teoría errónea por una correcta, sino también por el reemplazo de una teoría correcta en lo general por otra más precisa o más inclusiva. Los ejemplos son numerosos. Un caso famoso es el reemplazo de la mecánica newtoniana por la teoría de la relatividad de Einstein. Como es común en el progreso del conocimiento científico, las predicciones hechas por la teoría anterior son en general correctas, razón por la cual la teoría, en este caso la mecánica newtoniana, ha pasado numerosas contrastaciones y ha sido generalmente aceptada. Pero la nueva teoría científica es capaz de explicar los fenómenos que la teoría previa había dejado sin explicar. En algunos casos, esto ocurre porque la nueva teoría es mucho más general y es capaz de incluir fenómenos explicados por teorías diferentes o, más aún, por disciplinas distintas. Un ejemplo es la mecánica estadística, que fue capaz de explicar muchas conclusiones de la termodinámica una vez que se descubrió que la temperatura de un gas refleja la energía cinética de sus moléculas.

En el caso de Einstein *vis a vis* Newton es particularmente interesante que las afirmaciones fundamentales de la teoría newtoniana, e.g., que la masa es constante y que espacio y tiempo son realidades absolutas, son rechazadas por la teoría de la relatividad. Sin embargo, con respecto a los cuerpos con masa intermedia y velocidades intermedias (esto es, los cuerpos y movimientos que se observan en el curso de la experiencia ordinaria), las teorías de Newton y Einstein hacen predicciones prácticamente idénticas.

Isaac Newton (1642-1727) es uno de los grandes científicos de todos los tiempos. Formuló las leyes del movimiento, así como la ley de la gravedad; desarrolló una teoría de la luz, inventó el cálculo, y mucho más. El gran número de descubrimientos de Newton incluye soluciones del llamado "problema de dos cuerpos", i.e., la configuración y dimensiones de las órbitas planetarias; la masa de la Luna (un octavo de la de la Tierra), calculada por la elevación de las mareas; la inclinación del eje de la Tierra (23.5 grados) que da cuenta de las estaciones del año; el tamaño de la convexidad de la Tierra en el Ecuador; y demostró que los tiempos de las órbitas planetarias deberían ser proporcionales al cuadrado de sus distancias al Sol, en vez de tres mitades, como lo predijo Descartes.

Albert Einstein (1879-1955) es otro científico gigante. Como Newton, hizo descubrimientos de importancia monumental. En 1905, formuló la teoría especial de la relatividad, la cual establece que la masa de un cuerpo no es constante, como fue asumido por la teoría de Newton y por la experiencia del sentido común, sino que se incrementa con la velocidad del cuerpo y tiende a infinito a medida que la velocidad del cuerpo se acerca a la velocidad de la luz. (La ecuación es

$$m = \frac{m_0}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

donde m_0 es la masa en reposo, v es la velocidad del cuerpo, y c es la velocidad de la luz en el vacío.) La teoría general de la relatividad de Einstein (1916) establece que la masa no es constante, y que, por el contrario, puede ser convertida en energía, como expresó por medio de la famosa ecuación $E = mc^2$; que, contrariamente a la experiencia del sentido común y a la teoría de Newton, el espacio y el tiempo no son absolutos; que dos mismos eventos pueden ser simultáneos para un observador, pero no para otros observadores; que la velocidad de la luz es la velocidad máxima posible en el universo; que el ritmo de un reloj en movimiento decrece a medida que su velocidad aumenta (y en consecuencia que si un viajero del espacio dejara a su hermano gemelo en la Tierra mientras él viajara a gran velocidad durante un año, al regresar descubriría que era más joven que su hermano gemelo), y otras consecuencias similares. La teoría especial de la relatividad está ahora bien confirmada y la teoría general se ha mostrado consistente con algunos experimentos críticos diseñados para contrastarla. Con respecto a fenómenos de experiencia ordinaria, los resultados predichos por la relatividad y por la mecánica newtoniana son virtualmente idénticos. En cambio, para fenómenos que ocurren a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, las dos teorías discrepan de manera importante.

El conocimiento científico frecuentemente avanza por la sustitución y suplementación de una teoría por otra más completa, más precisa y más comprehensiva. De este modo, la teoría moderna de la genética, por ejemplo, identifica circunstancias que son excepciones a la segunda ley de Mendel; ha definido la composición química de los genes; ha integrado ideas originalmente formuladas por la teoría celular, y ha integrado la teoría de Darwin en una subdisciplina conocida como genética de poblaciones.

CIENCIA ACELERADA: LA VACUNA FALLIDA DE ROBERT KOCH CONTRA LA TUBERCULOSIS

Hacia la mitad de sus 30 años, Robert Koch (1843-1910) era ya considerado un científico distinguido. Ejerciendo como médico y trabajando en un modesto laboratorio que construyó en su propia casa (en la pequeña ciudad de Wollstein en el norte de Alemania), desarrolló métodos para cultivar y fotografiar bacterias. Esos métodos lo llevaron al descubrimiento del ciclo de vida del ántrax (lo cual hizo posible explicar la recurrencia de una enfermedad en grandes pastizales abandonados por mucho tiempo). Después adquirió un puesto científico en Berlín, donde empezó a investigar la tuberculosis, la mayor causa de mortandad en el siglo XIX. El 24 de marzo de 1882 anunció que había descubierto el origen de la tuberculosis, el tubérculo *bacillus*, descubrimiento que le trajo mayor fama y más tarde el premio Nobel.

Koch aisló y cultivó al tubérculo bacilo y comenzó a buscar una cura para la tuberculosis. Pronto anunciaría que había descubierto una sustancia que podría proteger contra la tuberculosis e incluso la curaría. Ese anuncio fue recibido en el mundo como una bomba. Diarios ingleses como *The Lancet* y *The British Medical Journal* publicaron la traducción completa del artículo, y el *Review of Reviews* le dedicó casi un número completo al asunto. Arthur Conan Doyle (creador de Sherlock Holmes), quien aún ejercía la medicina cuando era ya un escritor bien conocido, llegó a Berlín poco tiempo después del anuncio, y pronto publicaría un artículo sobre Koch y su descubrimiento.

Dos cosas importunaron el anuncio de Koch. Una fue que rechazó en un principio revelar la naturaleza de la sustancia curativa, aunque si bien lo hizo un año después bajo la presión de la crítica pública. El segundo asunto puede estar relacionado con el primero: la contrastación experimental de la vacuna de Koch estuvo virtualmente ausente. Eventualmente fue probada su ineficacia curativa y preventiva. Koch presupuso, basado en evidencia limitada, que habiendo inyectado bacilos muertos a una persona, si ésta más tarde fuera infectada con bacilos vivos, el resultado sería una reacción local que podría proteger a la persona. En cualquier caso la reacción local serviría para propósitos de diagnóstico. Quizás por su éxito temprano (que incluye el descubrimiento del agente del cólera y su manera de transmisión), Koch se persuadió de que su hipótesis para el diagnóstico y la cura de la tuberculosis probaría ser correcta. De este modo, procedió a anunciarlo como un método curativo sin ninguna contrastación adecuada. *The British Medical Journal*, el cual celebró prematuramente el anuncio original, publicó un artículo devastador condenando a Koch por haber intentado guardar en secreto la composición de la sustancia y por haberla recomendado como remedio sin haber hecho pruebas adecuadas.

EL CONTEXTO EXPLICATIVO DEL DESCUBRIMIENTO, O POR QUÉ LA CONTRASTACIÓN NO ES SUFICIENTE: EL DNA DE AVERY Y LA DERIVA CONTINENTAL DE WEGENER

La contrastación empírica puede ser necesaria, pero no es suficiente para que la comunidad científica acepte una nueva hipótesis. Una hipótesis que ha resistido aun los intentos más severos para refutarla no será aceptada a menos que tenga valor explicativo; i.e., a menos que pueda ser entendida en el contexto científico contemporáneo y a menos que haga inteligible el problema en mano. Hay varios casos notables de descubrimientos científicos que no fueron aceptados en su momento porque eran "prematuros": contextualmente no eran inteligibles. El descubrimiento de Mendel de las leyes de la herencia puede caber en esta situación. Dos ejemplos más recientes son, uno, el descubrimiento de Oswald Avery y sus colegas de que el DNA es la sustancia hereditaria (en lugar de

las proteínas, como generalmente se creía en esa época); y dos, la teoría de la deriva continental propuesta por Alfred Wegener.

Avery fue un científico distinguido en una de las principales instituciones de investigación, el Instituto Rockefeller para la Investigación Médica en Nueva York. En 1944 publicó un trabajo, con sus colegas C. M. Mac Leod y M. Macarty, mostrando que el "factor transformador" responsable de la especificidad hereditaria de la bacteria *Pneumoccocus* (agente de la pulmonía severa) era el ácido desoxirribonucleico (DNA) y que las proteínas no estaban involucradas del todo. Avery llevó a cabo series cuidadosas de diversos y muy específicos experimentos que definitivamente identificaron al DNA como el factor transformante y excluye a otras especies moleculares. No hubo objeción a los resultados experimentales, pero la comunidad científica se rehusó por varios años a aceptar que el DNA es la sustancia de la herencia. Esta renuencia derivaba precisamente de lo que se conocía del DNA, "conocimiento" que establecía la imposibilidad para el DNA de codificar la información hereditaria. Impensadamente sucedió que "lo que se conocía" acerca del DNA estaba equivocado; aparentemente al menos un hecho inconsecuente lo estaba. El DNA vino a ser aceptado como la sustancia hereditaria sólo después de que el "detalle" equivocado fue corregido.

El ácido nucleico fue descubierto en 1869 por Johann Friedrich Miescher, un suizo de 25 años de edad. Para la década de los veinte se llegó a conocer dos tipos de ácidos nucleicos (RNA, i.e., ácido ribonucleico, y el DNA) y después de esto su composición fue pronto elucidada. Se mostró que el DNA está integrado con cuatro componentes relativamente simples (nucleótidos) muy parecidos entre sí en todo respecto, excepto en sus bases nitrogenadas, cada una de las cuales podría ser de uno de cuatro tipos: adenina, guanina, citosina y timina (usualmente representadas por A, G, C y T). Mucho del conocimiento relevante viene de Phoebius Aaron Levene, un químico orgánico de alta reputación que también trabajaba en el Instituto Rockefeller. Levene propuso que el DNA estaba hecho de largas repeticiones de los cuatro nucleótidos seguidos uno de otro en una forma invariante. Fue llamada "hipótesis del tetranucleótido", la que fue aceptada sin ninguna objeción –en gran parte porque mediciones exactas de las proporciones de los cuatro nucleótidos no eran posibles con los métodos analíticos de química disponibles en la época, pero además porque fue incorporada en el modelo para la composición de DNA elucidado por el altamente reconocido Levene.

La hipótesis del tetranucleótido hacía imposible que el DNA pudiera ser el portador de la información hereditaria. Una repetición interminable de los mismos cuatro componentes en el mismo orden no puede codificar información de ningún tipo, por la misma razón que una repetición de las mismas cuatro letras del alfabeto español no puede transmitir información semántica, no importando cuán larga sea la secuencia. Por el contrario, se conocía que las proteínas estaban hechas de unos vein-

te aminoácidos diferentes, los cuales varían en proporción de una a otra proteína. Las proteínas, por lo tanto, podrían ser una molécula informativa, mientras que el DNA era una molécula "estúpida". Dado que proteínas y DNA estaban ambos presentes en el núcleo de la célula, se asumió generalmente que las proteínas probarían ser las portadoras de la información hereditaria. En cualquier caso, el DNA no lo podía ser; los experimentos de Avery no aguantaron, porque podrían no llevar información. Más tarde, después de que el químico Erwin Chargaff de la Universidad de Columbia mostrara que las proporciones de las cuatro bases, A, T, C y G, varían de un organismo a otro y que la hipótesis del tetranucleótido era errónea, el DNA vino a ser prontamente aceptado como el material químico de la herencia. La carrera para determinar su estructura se puso en marcha, una hazaña que fue realizada en 1953 por James Watson y Francis Crick.

Un estado de acontecimientos un poco diferentes, pero basados en la misma necesidad de valor explicativo, es el caso de Alfred Wegener, un geólogo y meteorólogo respetado, quien propuso primero en 1912, y desarrolló en 1915, la hipótesis de la deriva continental. Él notó la forma complementaria de la línea de costa en ambos lados del Atlántico y revisó la evidencia geológica y paleontológica esparcida en la literatura, lo que le permitió concluir que durante el Paleozoico tardío (225 a 350 millones de años) todos los continentes estuvieron ensamblados en un único supercontinente, al cual nombró Pangea.

Wegener contrastó su hipótesis de que los continentes se mueven a la deriva, buscando en la literatura evidencias geológicas, biogeográficas y paleoclimatológicas relevantes. Las evidencias eran extraordinarias; mostraban, por ejemplo, que los estratos y los pliegues en los lados opuestos del Atlántico encajaban precisamente unos con otros, y se extendían más allá de las líneas de costa en patrones complementarios. Wegener, sin embargo, fue incapaz de producir una explicación convincente de cómo los continentes podrían moverse. Su hipótesis fue rechazada con incredulidad y la evidencia relegada a una simple coincidencia. Sólo tres décadas después la deriva continental sería aceptada, una vez que la teoría de la tectónica de placas proporcionara un mecanismo plausible para el desplazamiento continental.

MECANISMOS SOCIALES: REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

El proceso de contrastar una hipótesis científica puede validarla o refutarla. La validación puede ser más tarde derribada. La refutación es un método lógico conclusivo: si una consecuencia necesaria de una premisa es falsa, entonces la premisa también debe ser falsa. Pero los procesos de validación y refutación están sujetos a error. Por ejemplo, pueden llegar a conclusiones erróneas si se da el caso de que la predicción contrastada en realidad no sigue lógicamente de la hipótesis. Además, observaciones o experimentos que contra-

dicen a una hipótesis pueden haber sido ejecutados o interpretados erróneamente. Por esto, los científicos requieren que sus experimentos se publiquen con suficiente detalle, de modo que puedan ser repetidos. La repetición actual de experimentos es, no obstante, selectiva. Usualmente está reservada para experimentos de significancia inusual o para aquéllos que contradicen conocimientos bien establecidos. Confrontados con un nuevo resultado que impacta su propio trabajo, en general los científicos no proceden a repetirlo, sino, más bien, se basan en tales resultados cuando formulan sus propias hipótesis y diseñan sus propios experimentos. Si el resultado de los experimentos es inesperado, pueden regresar sobre los resultados originales y repetir para asegurarse de que son válidos. Pero entonces queda el riesgo de perder tiempo, recursos y prestigio a lo largo del camino.

Para minimizar dichos problemas, los mecanismos de revisión han venido a ser parte integral de la ciencia. La comunidad científica busca simultáneamente estimular el pensamiento innovador y asegurar que las nuevas ideas son revisadas rigurosamente. Por un lado, la ciencia es un proceso creativo en el cual el avance ocurre sólo si las investigaciones son alentadas a desarrollar y contrastar ideas innovadoras. De hecho, la comunidad científica reserva los más altos honores para aquellos individuos que se han arriesgado a tomar perspectivas novedosas para resolver cierto problema. Por otro lado, precisamente porque la ciencia es una actividad acumulativa en la cual cada científico debe construir sobre el trabajo de otros, la comunidad científica tiene gran interés en echar fuera ideas falsas. Por lo tanto, la creatividad es templada por la necesidad de revisiones rigurosas de los nuevos resultados.

Las revisiones hechas por los pares representan un esfuerzo tanto de vigilar los resultados científicos, como de asegurar su diseminación lo más ampliamente posible. La presión que los científicos tienen de publicar deriva no sólo del interés de reconocimiento y desarrollo profesional, sino también del deseo que ellos tienen de estar informados sobre nuevos descubrimientos que puedan guiar su propio trabajo. Porque someter un trabajo para su revisión por pares es la mejor manera de difundir y de establecer prioridades, tanto para difundir nueva información, como para controlar su calidad. Las observaciones de los pares contribuyen al desarrollo de la ciencia, puesto que ayudan a los proponentes de nuevas hipótesis a mejorar sus investigaciones e interpretaciones.

El escrutinio del arbitraje por pares de la ciencia ocurre en una amplia variedad de contextos. La revisión informal puede ocurrir cuando los científicos discuten su trabajo entre ellos en las bancas del laboratorio, durante conversaciones y seminarios, en encuentros científicos. El arbitraje formal generalmente es una parte integral del proceso de publicación científica y del proceso por el cual las bolsas de investigación y otros recursos son distribuidos. Una conclusión que cambia significativamente el cuerpo del conocimiento científico debe

ser tomada escépticamente en tanto no haya sido sujeta a revisión por pares y otras formas de arbitraje y escrutinio, incluyendo preferiblemente su publicación en una revista prestigiosa. La publicación en una revista que incluya el arbitraje por pares no garantiza por sí misma la validez de los resultados publicados; no hay tampoco razón para rechazar cualquier trabajo que no ha sido publicado en una revista prestigiada. Pero se debe tratar con suma sospecha cualquier conclusión que no haya sido sujeta al arbitraje.

El arbitraje retrasa algo la publicación de los resultados, pero ese retraso y el largo tiempo que los examinadores y los editores de las revistas dedican a tal proceso están justificados por la necesidad de eliminar resultados erróneos. El proceso de arbitraje está sujeto al error humano y los prejuicios, pero es el más accesible y a menudo el elemento más confiable del proceso de invención, validación y refinamiento por el cual el conocimiento científico avanza.

El arbitraje no impide las nuevas ideas. Los editores de revistas y el "*establishment* científico" no son hostiles hacia los nuevos descubrimientos. La ciencia prospera gracias a los descubrimientos; y las publicaciones científicas compiten para dar a conocer nuevos avances. Los premios más prestigiados son concedidos a aquellos científicos que hacen los más dramáticos e intrépidos descubrimientos, aun cuando éstos contradigan teorías veneradas. Nos hemos referido antes al carácter revolucionario de la teoría de la relatividad de Einstein y al avance explosivo de la biología molecular disparada por una secuencia de descubrimientos inesperados, recompensados por el premio Nobel y por otros premios, que contradecían presupuestos previos.

Equivocaciones, errores, fracasos y prejuicios infectan la ciencia, así como otras actividades humanas. Pero el largo y siempre expansivo cuerpo del conocimiento científico y sus aplicaciones útiles atestiguan el éxito de la empresa científica. La metodología distintiva de la ciencia da cuenta en parte de ese éxito, pero los mecanismos institucionales que se han desarrollado, también contribuyen a él.

REFERENCIAS

Avery, O. T., C. M. MacLeod y M. McCarthy, "Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types. Induction of Transformation by a Deoxyribonucleic Fraction Isolated from Pneumococcus Type III", en *J. Experimental Medicine,* 1944;7:137-158.

Cairns, J., "The Chromosome of *Escherichia coli*", en *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 1963; 28: 43-46.

Darwin, C. [1871]), *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, 2a. ed., Londres, Murray, 1889.

———, *The Autobiography of Charles Darwin (1809-1882)*, N. Barlow (comp.), Londres, Collins, 1958.

———, *Darwin´s Notebooks on Transmutation of Species*, G. De Beer (comp.), *Bul Brit Mus,* 1960; 2: 23-200.

Darwin, F., *More Letters of Charles Darwin*, vol. 1, Londres, Murray, 1903, p. 195.

De Beer, G., *Charles Darwin, A Scientific Biography*, Doubleday, Nueva York, Garden City, 1964.

Dobzhansky, Th. [1937], *Genetics and the Origin of Species*, 2a. ed., Nueva York, Columbia University Press, 1951.

Ghiselin, M. T., *The Triumph of the Darwinian Method*, Estados Unidos, University of California Press, 1969.

Hull, D., *Darwin and His Critics*, Harvard University Press, Massachusetts, Cambridge, 1973.

Jacob, F., *The Statue Within: An Autobiography*, Nueva York, Basic Books, 1988, pp. 224-225.

Mayr, E., "Introducción a C. Darwin, *On the Origin of Species*", facsímil de la primera edición, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1964.

Medawar, P. B., *The Art of the Soluble*, Londres, Methuen, 1967.

Messelson, M. y F. Stahl, "The Replication of DNA *in Escherichia Coli*", en *Proc Natl Acad Sci*,0 1958;44:671-682.

Popper, K. R., *Logik der Forschung*, Viena, Julius Springer, 1934. [Las referencias corresponden a la edición española, *La lógica de la investigación científica*, Tecnos, Madrid, 1985.]

———, *The Logic of Scientific Discovery*, Londres, Hutchinson, 1959.

Simpson, G. G., *This View of Life*, Nueva York, Harcourt, Brace, and World, 1964.

Taubes, G., *Bad Science: The Short Life and Weird Times of Cold Fusion*, Nueva York, Random House, 1993.

Taylor, J. H., P. S. Woods y W. L. Hughes, "The Organization and Duplication of Chromosomes as Revealed by Autoradiographic Studies Using Tritium-Labelled Thymidine", en *Proc Natl Acad Sci,* 1957; 3: 122.

Warren, L. y H. Koprowski (comps.), *New Perspectives in Evolution*, Nueva York, John Wiley, 1991, pp. 65-75.

Watson, J. D. y F. H. C. Crick, *A Structure for Deoxyribose Nuclei Acid*, en *Nature*, 1953; 171: 964.

II

EL NACIMIENTO
DE LA CIENCIA MODERNA



CAPÍTULO 4

LA CIENCIA EN LA EDAD MEDIA Y EL RENACIMIENTO: CONSOLIDACIÓN, CRISIS Y TRANSFORMACIÓN DE LA FILOSOFÍA NATURAL*

J. Rafael Martínez E.

EL RENACIMIENTO COMO IDEA

Las primeras luces del Renacimiento se encendieron en Florencia. Ahí se escribió la *Divina Comedia*, el primer libro en lengua vernácula. También en esa antigua ciudad, y para orgullo de los fieles, se levantó en la catedral de Santa María del Fiore la cúpula más grande construida desde la Antigüedad. La primera ópera, la *Eurídice* de Jacopo Peri, se compuso en esta cuna de artistas que creció a ambos lados del Arno; las primeras piezas de crítica literaria moderna fueron elaboradas y presentadas públicamente por Boccaccio, respondiendo a un llamado de la Signoria para que la obra del poeta "vulgarmente llamado Dante" fuera dada a conocer a quienes no poseían los medios para adquirir una copia manuscrita, la única forma en ese entonces de reproducir un texto.

La primera cátedra para la enseñanza del griego se instauró en Florencia en el siglo xv, aprovechando la migración de quienes, junto con sus reliquias, libros y conocimientos, huían de Constantinopla ante la amenaza del imperio turco que finalmente la avasalló en 1453. Es tradición marcar el año de la caída de la emblemática ciudad como el fin de la Edad Media. El fin de una época reclama la aparición de otra. Maquiavelo, situado en la modernidad y optimista por la buena fortuna que cobijaba a la república florentina, no se confió y estudió los mecanismos del poder inspirándose en los gobiernos locales y vecinos. La primera biblioteca pública fue fundada por Cósimo el Viejo, alojándola en el convento de San Marco.

Se dice que Giotto, allá por el 1300, fue el primer pintor del Renacimiento, en tanto que Brunelleschi lo fue en arquitectura. Leon Battista Alberti, también florentino, aún antes que Leonardo mereció el calificativo de hombre universal por su sapiencia y obras relacionadas con la arquitectura, la ética, el urbanismo y, sobre todo, por el primer tratado de pintura moderno. Con este texto se proponía un cambio mayúsculo en el ámbito de la cultura: elevar la pintura, el arte de Zeuxis, de Agatarco y de Apelles, a la categoría de un arte liberal por la vía

* Deseo agradecer el apoyo de Rafael Reyes Sánchez para la realización de este trabajo.

de proveerlo de un sustento geométrico. También en Florencia se formaron quienes ocuparon las más elevadas cumbres del arte universal de su época: Leonardo y Miguel Ángel.

Si no la mayoría, al menos muchos de los más importantes arquitectos y escultores florentinos fueron también ingenieros. A modo de ejemplo tenemos a Brunelleschi, hombre de muchos ingenios que dirigió los trabajos para desviar el río Serchio y así afectar a la ciudad de Lucca, en ese entonces en guerra con Florencia. Y aun cuando ésta a su vez se vio sometida en 1530 a un asedio, Miguel Ángel era el supervisor de las fortificaciones, algunas de las cuales aún es posible ver cerca de San Miniato, en las afueras de la ciudad. Leonardo, en el imaginario de nuestra cultura el epítome del ingeniero-arquitecto-naturalista-científico-pintor, fue durante un tiempo asesor de los Sforza en Milán, para quienes diseñaba ingenios que maravillaban a los cortesanos invitados a sus representaciones teatrales, planeaba trabajos escultóricos de envergadura tal como fundir en bronce una estatua ecuestre de dimensiones nunca antes logradas, y realizaba proyectos de ingeniería que iban desde la construcción de canales y arsenales hasta la planificación de fortificaciones y ciudadelas amuralladas cuyo diseño giraba en torno de los aspectos defensivos frente a los afanes de dominio de sus poderosos rivales.

El Renacimiento florentino gozaba de una doble identidad: a la vez que tomaba a los clásicos de la Antigüedad como modelos –Cicerón, Cesar, Quintiliano, Vitruvio…–, establecía con ellos una especie de rivalidad. Cuando Brunelleschi y Donatello viajaban a Roma para tomar medidas de los templos y estatuas que reflejaban el esplendor del viejo Imperio, lo hacían no con el afán de imitar sino para aprender lo hecho por los antiguos; descubrir sus principios para, a partir de ellos, establecer sus propios cánones y mostrar el brío de su espíritu. Resonaban en sus mentes las palabras de Arnolfo di Cambio, quien con motivo de los trabajos para sustituir a la iglesia de Santa Maria Reparata, presumía que construiría un edificio tan majestuoso en altura y belleza que superaría los logros alcanzados en su propio tiempo por los griegos y los romanos. La nueva construcción fue Santa Maria del Fiore, la catedral que muchos llamaron desde entonces el Duomo. Acerca de ella Vasari, pintor y autor de una biografía de los artistas más reconocidos de la época reciente,[1] decía que "la escala de un esfuerzo es la medida de sublimidad [que alcanza]; el público, al recorrer con su mirada la suma de sus medidas contemplaba un logro del arrojo. Y en arrojo los florentinos eran excelsos, por ello su arquitectura y su escultura, y mucho de su pintura, poseen un carácter tan viril".[2]

Recordando los nombres hasta aquí mencionados resulta que todos poseían una cualidad, o mejor dicho, varias habi-

[1] Vasari, Giorgio, *Le vite delle più eccellenti pittori, scultori ed architettori* (1550). Existen múltiples ediciones recientes en casi cualquier idioma.

[2] Citado en McCarthy, *The Stones of Florence*, p. 69.

lidades: todos eran gente de letras, practicantes de algunas de las artes, fuera orfebrería, arquitectura, escultura, ingeniería de fortificaciones, pintura, y todos conocían la geometría en una u otra medida. Eran hombres inmersos en una cultura que favorecía el saber heredado de los clásicos y además eran hábiles en algunas de las técnicas. La *sofía* unida con la *techne*. Esto, de un modo, marcaba el modelo a seguir para un hombre del Renacimiento.[3]

CIENCIA Y *TECHNE*

En sus orígenes la palabra *techne* ('arte' en el sentido de lo que se hace con las manos) estaba ligada con la elaboración de leyes o reglas y con la habilidad para medir y contar, así como con el trazo de imágenes y la construcción de herramientas, edificaciones e incluso con la repostería. A todo ello se añadía lo que hoy tenemos como su sinónimo: la tecnología, la ciencia como el uso práctico de lo que se conoce acerca de la naturaleza. Situada por encima de la ley (*nomos*) y de la religión, la naturaleza abarcaba los elementos sujetos a la necesidad ciega (*ananke*) o al azar (*tyche*). En sus primeras elaboraciones sobre el tema Platón reorganizó tales concepciones e hizo de la ley (*nomos*) y del artificio (*techne,* el resultado de la intervención humana) los pilares de la verdadera naturaleza, es decir, de todas las cosas y de todos los fenómenos.

El mundo visible es, según el idealismo platónico, el producto de la acción (*arte*) del ánima del mundo que dirige los aconteceres en los que participan los elementos –pasivos en sí mismos– que conforman la naturaleza y que en este sentido quedan sujetos al imperio del *arte* y el *logos*.[4] En paralelo había otras corrientes en las que el énfasis en la noción de 'naturaleza', tenida como un artífice, fue desplazado de los ámbitos originales de la moral y de las leyes al de la física –la *physis*–, la del mundo sujeto a cambios. Dentro de esta nueva visión Aristóteles y Galeno, sus más conspicuos representantes, comparaban al *logos* del mundo con una especie de *artifex,* artesano, ingeniero –creador de "ingenios"–, cocinero, orfebre, carpintero, pintor, oficiantes todos ellos de una actividad realizada con un propósito bien establecido y que hacía pensar que la propia naturaleza actuaba siguiendo las directrices de un plan maestro.

Lo anterior no llevaba a suponer la primacía sobre lo natural por parte del objeto construido por la mano del hombre. Todo lo contrario, el hombre como artífice no sería sino una pálida sombra del Gran Artifex o, como sería tenido en la Edad Media, el Gran Arquitecto, con lo que se daba mayor peso a su aspecto de planificador. Aristóteles lo había señalado: las artes del hombre "o superan los logros de la naturaleza a partir de lo alcanzado por la misma

[3] Una época marcada por la *rinascita* de un nuevo espíritu. Vasari fue quien introdujo la palabra *Rinascimento* para referirse a esta época en la que el hombre salía de las épocas oscuras representadas por la Edad Media y, más en concreto, por el estilo gótico.

[4] Platón, *Leyes*, 892.

naturaleza" –como sucede con la agricultura– o "imitan a la naturaleza". Esta idea de que las artes se inspiraron en la misma naturaleza se convirtió en un dicho con gran arraigo entre poetas y filósofos en la Antigüedad: Demócrito señalaba que la araña había mostrado al hombre el arte de diseñar y de tejer, y la abeja el de construir. Para Lucrecio el sol había sido el maestro del cocinero, mientras que para Vitruvio el acto de mirar rotaciones en el cielo había conducido al diseño de aparatos mecánicos.

La naturaleza, tal y como la concebía la tradición aristotélica, poseía tanto un aspecto racionalista como otro vitalista. Mientras el primero establecía la semejanza con el oficio de un artesano o artífice, pues tanto éste como la naturaleza se conducían bajo la guía de un *logos* y de un plan, para quienes resaltaban el vitalismo los objetos naturales seguían un principio de movimiento alojado en su interior y dirigido a alcanzar la plenitud de la 'forma'.

Por su parte, las cosas que eran el producto del artificio humano recibían su 'forma' y sus movimientos de causas externas a ellas mismas. Según esto los objetos naturales surgen mediante un acto generativo en el que participa un objeto similar, en tanto que las cosas artificiales llegan a ser a través de la 'fabricación'. Y ciertamente, la naturaleza reinaba suprema pues no existía artesano alguno que imitándola pudiera igualar la calidad de lo natural. Al no lograr superarla, lo artificial fue considerado inferior a lo natural, como lo resaltan las historias de una Edad Dorada en la que todos los seres entonces existentes gozaban de plena salud y vivían satisfechos, pues nada les faltaba. Estos debates, comunes entre los filósofos de la Antigüedad clásica, pasaron casi desapercibidos durante la Edad Media, primero porque la literatura que los tocaba no estaba disponible durante la mayor parte de este periodo, y segundo porque el parangón entre ambas visiones estaba mediado por la religión y el conflicto sólo resurgiría cuando se hiciera presente un sistema de ideas que pudiera desafiar las verdades reveladas.

Por ello, para alcanzar un cabal entendimiento del panorama frente al cual se generan todos esos focos de cambio que con el paso de casi doscientos años –siglos XV al XVII– se resolverían en ese conjunto de disciplinas que hoy se considera constituyen la simiente de la ciencia que instaura la modernidad, es necesario trazar un esbozo de lo que en la Edad Media constituía la filosofía natural, la precursora de las ciencias de la naturaleza –aunque no en el sentido evolutivo, sino más bien como el resultado de en ocasiones una refutación, en otras una superación, o bien una transformación y, también, la aparición de algo completamente novedoso– de la edad moderna. Esto se llevará a cabo a continuación.

FILOSOFÍA, RELIGIÓN Y CIENCIA EN LA EDAD MEDIA

Desde los siglos previos a la Edad Media era evidente que la filosofía griega encontraría puntos de encuentro con la teología

para constituirse en un elemento primordial del pensamiento cristiano. Si se revisa la historia de lo que se consideraban como los temas y textos dignos de estudio en los siglos IV y V d.C., se encuentra que algunos de ellos sufrieron el rechazo de personajes como Tertuliano, quien se negaba a considerar el conocimiento de origen pagano como algo digno de ser estudiado dentro de los cánones del cristianismo. Con esto se referían a que, para ellos, la astronomía, las matemáticas y las disciplinas que se ocupaban de los hechos del mundo, como la física y la medicina, no ofrecían ninguna razón que hiciera pertinente su estudio. En cambio la ética, algunos textos platónicos y, por supuesto, la *Biblia*, ofrecían todo lo que poseía un valor que transmitir a través de la educación. A fin de cuentas esta corriente no prosperó en gran medida porque fue rechazada por personajes del mismo o superior calibre que Tertuliano, como fue el caso de Clemente de Alejandría y del mismo San Agustín. Esto explica la transmisión al imaginario colectivo medieval de una gran variedad de elementos provenientes de las distintas corrientes filosóficas que existieron en la Antigüedad: estoicismo, atomismo, platonismo, pitagorismo y aristotelismo. De todos ellos el que predominaría en los inicios de la Edad Media sería una variante del platonismo, impulsada por un personaje que la historia recuerda como pseudo Dionisio y que es recordada como neoplatonismo.

Esto no cancelaba a las demás corrientes y es posible discernir la presencia de ideas que formaban parte del pensamiento estoico y que en cierto modo encontraban puntos de coincidencia con el neoplatonismo. Una de estas ideas la podríamos llamar 'teología física', pues consideraba al mundo como constituido por la materia –*ousia*– que ha sido permeada por un principio espiritual –*pneuma*, *eter*– o 'fuego', considerado este último como una 'forma' sutil de la materia que era el responsable de las actividades calificadas como vitales, es decir, las que eran propias de la materia animada. Las almas individuales de animales, seres humanos y cuerpos celestes conformaban el 'alma del mundo' –el *anima mundi*– y ello permitía afirmar que todas las cosas guardaban relaciones de 'simpatía' unas con otras. Además, todas ellas estarían organizadas de manera jerárquica según un orden o diseño establecido por la divinidad, idea que encontró su máximo grado de esplendor y complejidad en la llamada 'cadena del ser',[5] noción un tanto vaga en su momento pero que subyacía a las formas de organización de la sociedad medieval y definía las diferencias insalvables entre los diferentes estratos jerárquicos y las actividades a las que estaban sujetos, o a las que se podían entregar los miembros de cada uno de ellos.

Un mundo así organizado parecía una naturaleza cuyas formas de aparición se encargaban de regular el curso de los fenómenos llamados naturales y en los que el Dios bíblico intervenía, aunque fuera raramente, según sus designios, mismos que perma-

[5] Esta idea aparece desarrollada en *The Great Chain of Being* (1936), de Arthur Lovejoy.

necían casi siempre ocultos para el hombre. Con el resurgimiento del platonismo en el siglo XII, pensadores como Bernardo Silvestre y Alain de Lille hicieron de la naturaleza una especie de intermediaria entre Dios y el mundo, un administrador, por la Gracia del Señor, de las obras del mundo. El reposicionamiento de las doctrinas aristotélicas, debido en gran medida a la traducción al latín de la *Física* de Aristóteles y de algunos textos de sus comentaristas árabes, y a su enseñanza en la universidad de París (siglo XII) y su consiguiente difusión en otros centros del saber, trajo consigo un nuevo compromiso entre la teología bíblica y la filosofía 'pagana'.

Por un lado estaban las influencias que el platonismo había ejercido sobre el cristianismo y que resulta interesante señalar en lo que se refiere al papel del creador en ambas doctrinas, y de paso aclarar sus diferencias. El Demiurgo platónico trabaja la materia a la manera de un alfarero y le confiere la forma que desea. Por su parte, San Pablo retoma la misma metáfora y describe la relación entre Dios y el hombre como semejante a la que existe entre el alfarero y la arcilla (*Romanos* 9:20-21), y en los salmos su autor habla de la obra realizada por los dedos divinos (Salmos 8:4). Pero a pesar de las similitudes con las que se describe el trabajo del Creador, en ambos casos hay diferencias de fondo en la manera como se le concibe: en la *Biblia* la imagen del alfarero se utiliza sólo para resaltar el origen del hombre, mientras que el Demiurgo, imaginado como una especie de artesano, lo que hace es moldear un material según las necesidades que éste debe satisfacer. Más aún, el hombre y todo lo animado –lo que posee un alma– es diseñado y construido por dioses menores que fueron creados por el Demiurgo. Que así lo hiciera lo justifica Platón en el *Timeo,* señalando que era su intención que estos seres que tendrían a la Tierra como habitáculo deberían ser inferiores a los dioses, y no lo serían si el propio Demiurgo –por ser perfecto sus obras lo serían también– se hiciera cargo de su creación. Así, en Platón el hombre está hecho como una imagen de la figura del Demiurgo, no así el universo cristiano en donde el hombre es creado a imagen y semejanza del mismo Dios. Al realizar sus trabajos este creador los califica como el producto cuyo "padre y constructor soy yo" (*Timeo* 41 A, 37 C y 28 C) para resaltar que mientras un padre transmite su 'forma' mediante una reproducción de sí mismo, el constructor modula esta imagen a través de lo que ha contemplado mediante su intelecto.

Aristóteles desecha este argumento y sólo guarda la idea de un ser primigenio –el *primum mobile*– para explicar el movimiento de los cuerpos celestes. Después de esta intervención la divinidad, o como se le quiera concebir, no desempeña ningún otro papel en el universo aristotélico. Las cosas y los fenómenos son explicados a partir de la naturaleza misma, la cual posee los medios y atribuciones de padre y constructor. Para los seguidores de esta corriente la naturaleza actúa como lo haría un artesano, un cocinero o un carpintero, sin que ello signifique que posee una inteligencia que actúa

por cuenta propia. Destacan la noción de generación o que lo "semejante" engendra lo "semejante", es decir, que la 'forma' (*logos*) del padre es retomada por el embrión, como si la acción de la autorreproducción fuese un proceso lógico que daba lugar a productos inteligibles por estar dotados de 'formas' calificadas como racionales o sujetas a ser aprehendidas por la razón.

Siguiendo la idea anterior los pensadores latinos calificaron a la naturaleza como *natura artifex,* aludiendo a su capacidad de reproducción –a la manera en que lo hacían las semillas– y al carácter racional del proceso, siempre sujeto a reglas en tanto que había sido modelado según una perenne repetición biológica que reflejaba una concepción del mundo que le tenía como un organismo vivo.

Durante la Edad Media el mundo occidental adoptó una cosmovisión que de manera muy compleja e imposible de resumir en unos cuantos párrafos llevó a una especie de síntesis que según el lugar y el momento adquirió varios matices. Por una parte el peso que poseía la religión para modular formas de pensamiento y enfoques sobre la naturaleza y su conocimiento contrastaba con la ausencia de propósitos en los escritos religiosos para ofrecer una explicación acerca del conocimiento del mundo y de los métodos para su adquisición. Sumado a esto estaba el innegable valor explicativo que poseían los sistemas filosóficos heredados de la Antigüedad clásica, ya que tanto el platonismo como el aristotelismo ofrecían visiones suficientemente coherentes y satisfactorias –si no se cuestionaban los detalles– de los movimientos celestes y de los fenómenos supralunares.

A partir del siglo XIII varios textos importantísimos –como los *Elementos* de Euclides y la *Física* de Aristóteles– ya habían sido traducidos del árabe al latín y esto favoreció su difusión en los centros de aprendizaje latinos. Como resultado de ello la mayor parte de los pensadores del periodo tardo-medieval concibieron a la naturaleza como un poder casi independiente. Esto significaba que cuando los fenómenos se desarrollaban siguiendo los dictados de la naturaleza, lo hacían siguiendo el patrón que parecía racional para la mente humana y cuyos elementos básicos habían sido establecidos por Aristóteles y sus seguidores.

Según este último esquema, la naturaleza alcanzaba la expresión plena de sus 'formas' inmanentes a través de las llamadas causas eficientes y teleológicas actuando sobre la material.[6] De manera un tanto explícita la visión bíblica se amalgamaba con estas nociones, de modo que el orden que se contemplaba en la naturaleza era concebido como impuesto por Dios pero sujeto a las alteraciones que Él mismo podía dictar por medios supranaturales, como cuando ocurrían milagros. Tomás de Aquino, el pensador más influyente en la etapa final de la Edad Media, señalaba que una de las funciones de la filosofía natural era permitir distinguir entre lo que pertenecía al ámbito de lo divino –el origen de las

[6] La cuestión de las cuatro causas aristotélicas se desarrollará líneas más adelante. Se puede consultar al respecto J. Lear (1988), *Aristotle: The Desire to Understand*, pp. 28-42.

cosas o los milagros– y lo que era propio de la naturaleza, y que en sus términos correspondía a establecer la distinción entre la razón, la fe y la necesidad de su concordancia. Para el monje de Aquino el dominio entero de la filosofía proviene de la razón, es decir, el filósofo no debe admitir nada más que lo que le sea accesible a la luz natural y demostrable por sus propios recursos. Por el contrario, la teología se basa en la revelación, es decir, en la autoridad de Dios. Los artículos de la fe son conocimientos contenidos en fórmulas cuyo sentido no es enteramente comprensible pero que se deben aceptar como tales. Así, un filósofo argumenta buscando en la razón los principios de su argumentación; un teólogo argumenta siempre buscando sus principios primeros en la revelación. Ambos universos de ideas ocupan muchos lugares en común, y como ni la razón ni la revelación deben engañar, debe haber una concordancia entre ambos.[7] De ahí la importancia de la fórmula de San Anselmo (siglo XI): "entiende para creer; cree para entender". Esta expresión apuntaba a la creencia en una unidad entre la fe, la filosofía y la ciencia, y también al deseo de que el pensamiento cristiano asumiera a la filosofía, reclamándola para sí y concediéndole de paso un estatus inferior en el sentido de que siempre que la conclusión filosófica contradijera al dogma, la primera debería ser falsa, y es tarea del filósofo o del teólogo encontrar el punto en que se habría producido el error.

[7] Gilson, E. (1985), *La filosofía en la Edad Media*, pp. 491-493.

El nombre de Tomás de Aquino está estrechamente asociado con la escolástica, a la que en este contexto se le toma como sinónimo de filosofía medieval. Más en particular, a la escolástica se le asocia con las prácticas de enseñanza y discusión filosófica desarrolladas a partir del siglo XIII. Si bien en sentido estricto la escolástica es la especulación filosófica que se desarrolla en las escuelas del medievo desde Carlomagno hasta entrado el siglo XV, y que incluye a los centros de enseñanza localizados primero en conventos y catedrales y, a partir del siglo XI, en los nuevos centros del saber que serían las universidades y que en sus orígenes eran poco más que corporaciones dedicadas a la enseñanza, lo que hoy en día se arropa bajo este concepto son las doctrinas que se consolidaron a partir de pensadores como el mismo Tomás de Aquino, Guillermo de Ockham o Siger de Brabante.

LOS CONFLICTOS ENTRE LA RELIGIÓN Y EL PENSAMIENTO RACIONAL

Desde su sede en Canterbury, San Anselmo (siglo XII) enmarcó el programa teológico del siglo XII: se tenía una fe –una doctrina cuyo origen era producto de la 'revelación'– que requería ser entendida. Seguidores de esta directriz, Pedro Abelardo y Gilberto de la Porrée aceptaban las líneas contenidas en las Santas Escrituras y los textos de los llamados Padres de la Iglesia, pero las consideraban no como proposiciones que debían asimilar sin cuestionamiento algu-

no, sino como proposiciones que reclamaban ser comprendidas. Este planteamiento encendió un debate sobre la primacía de la fe o de la razón. Para Anselmo el énfasis se inclinó por lo racional, y en su *Proslogion* habla de la Fe que busca el entendimiento. Esto no significaba de ninguna manera que a fin de cuentas el entendimiento estuviera por encima del dogma. Si bien la razón producía confianza en sus resultados al mostrar las relaciones y la coherencia entre los conceptos y establecer la necesidad lógica de sus conclusiones, esta razón, por su origen mismo –el ser humano–, era provisional y falible, por lo que Anselmo aconsejaba que se "alegrara quien pudiera alcanzar el entendimiento, y quien no lo consiguiera que reverenciara lo que no logró comprender".[8]

Las temáticas que se abordaban producían enormes dificultades, pero esto en lugar de desanimar a los intelectuales medievales los motivó para que ahondaran en los instrumentos de análisis a su disposición, y puesto que los contenidos de la 'revelación' se expresaban en un lenguaje, esto llevó a otorgar una gran importancia al estudio y la enseñanza de la gramática, la lógica y la dialéctica, las tres disciplinas que construían el *trivium*, nombre que es calca del que Boecio (c. 480-525 d.C.) acuñó –*cuadrivium*– para referirse a las cuatro disciplinas que se ocupaban de la 'realidad', las cuales hoy llamaríamos ciencias y que corresponden a la Aritmética, la Geometría, la Astronomía y la Música. Este canon de siete saberes o 'artes liberales' quedó institucionalizado en la Edad Media y constituyó el núcleo del saber profano que la Antigüedad clásica había heredado a occidente. Que sólo hayan sido siete las artes no era casualidad, tal número respondía al prestigio simbólico adquirido desde los tiempos de auge del pitagorismo y que se vio reforzado gracias a una conocida cita bíblica: "La sabiduría se hizo una casa: labró sus siete columnas."[9]

A pesar de lo rudimentario de los contenidos del *cuadrivium* y de los textos más bien elementales en los que se apoyaba,[10] las explicaciones de las cosas de este mundo pasaron a adquirir un tono más racionalista en el siglo XII. Según esta doctrina el mundo –entendido como el conjunto de las cosas creadas– era un todo armónico organizado bajo determinadas leyes, y el hombre, como parte integrante de ese orden y gracias a la capacidad de raciocinio que le había conferido Dios, podía aspirar

[8] Citado por R.N. Southern, *Saint Anselm and his Biographer*, p. 54.

[9] *Proverbios* 9.1.

[10] Hasta antes del siglo XII los textos en los que se estudiaban las matemáticas y demás ciencias eran las enciclopedias, como la de Marciano Capella con el sugerente título de *La boda de Mercurio y la Filología* o las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla, recopilaciones de los elementos básicos de otros textos y con muy bajos niveles de dificultad. Los textos originales que habían sobrevivido al fin de la Antigüedad fueron la *Historia Natural* de Plinio, las *Cuestiones Naturales* de Séneca, los *Saturnalia* y los *Comentarios al sueño de Escipión* de Macrobio, y aproximadamente la mitad del *Timeo* de Platón. Al respecto, véase Dales (1980), *The Intellectual Life of Western Europe in the Middle Ages*, pp. 263-284.

a comprender el funcionamiento de la naturaleza, considerando a ésta como el instrumento de la operación divina.

Este naturalismo filosófico fue rechazado en sus inicios por algunos filósofos al ver en él una ofensa a Dios y a su poder. Quienes lo defendían, como Guillermo de Conches en su *Filosofía del mundo*, respondían que sus detractores ignoraban la fuerza de la naturaleza y "desean tener a todos los hombres en su ignorancia, y están poco dispuestos a que alguien las investigue [las fuerzas]... sin embargo, nosotros decimos que las causas de todas las cosas deben investigarse". Esta corriente se vio reforzada en el siglo posterior con la irrupción en Europa de traducciones de algunos de los tratados griegos más importantes. Preservados para la posteridad gracias a las versiones en árabe que se encontraban en la tierra dominada por los seguidores de Alá, personajes como Juan de Sevilla, Roberto de Chester, Platón de Tívoli, Gerardo de Cremoma, Abelardo de Bath, entre muchos otros, se abocaron a pasar al latín el *Almagesto* de Ptolomeo, los *Elementos* y la *Óptica* de Euclides, varios trabajos de Galeno y otros tratados astronómicos y médicos que en conjunto pasaron a alterar la vida intelectual bajo-medieval. Pero sin duda lo que tuvo mayor impacto fueron las obras de Aristóteles y de sus principales comentaristas árabes: Averroes y Avicena. Si bien los libros con contenidos de carácter lógico –las *Categorías*, los *Tópicos* y los *Analíticos*– eran relativamente conocidos desde el siglo IX, los textos que poseían los contenidos más relevantes para el naciente naturalismo fueron los que irrumpieron en el horizonte europeo a partir del siglo XIII: el *Organon*, la *Física*, *Del cielo*, *Meteorológicos*, *De la generación y la corrupción de las cosas* y la *Metafísica*. Los temas discutidos en estos escritos se convertirían en elementos nodales del currículum universitario.

La fascinación que ejercía el pensamiento aristotélico derivaba de la amplitud de los campos del saber que abarcaba y de la gran solidez explicativa y argumentativa que permeaba sus libros. Sin embargo, era evidente que había diversos asuntos en los que la obra del griego se confrontaba con la Iglesia. Puntos de conflicto había varios, y para dar una idea de las cuestiones debatidas se mencionarán algunas, aunque sin abundar en las discusiones a las que dieron lugar. Entre las más evidentes estaban las cuestiones de la eternidad del cosmos: para Aristóteles el universo no tenía inicio y no tendría fin. Por el contrario, la doctrina cristiana señalaba que el mundo había sido creado y testimonio de ello era el relato contenido en el *Génesis*. Otro giraba en torno de la finitud del mundo, sostenida por los aristotélicos y negada por la Iglesia, ya que, sobre todo después de las dos condenas emitidas por Étienne Tempier –obispo de París– en 1270 y 1277 respectivamente, Dios podía crear tantos mundos como quisiera.

Otro punto de conflicto era el de la existencia de influencias que, a través de las cadenas de causa-efecto a las que daban lugar, hacían que los fenómenos que se desarrollaban en el universo –y esto incluía el comportamiento de los humanos– es-

tuvieran determinados, inexorablemente, por la concatenación de efectos que a su vez fungirían como causa de otros efectos. Bajo este esquema había preguntas que surgían de manera inmediata entre quienes se preocupaban por la salvación del alma, el castigo de las culpas o el curso de las enfermedades: ¿qué papel le correspondía desempeñar a la Divina Providencia?, ¿cómo quedaban enmarcados los milagros? Si todo evento futuro estaba determinado por la situación actual, ¿qué caso tenía esforzarse para alcanzar una cierta posición o un fin concebido en la mente?, y obviamente ¿había lugar para el libre albedrío?

A pesar de lo inquietantes que eran estas cuestiones, en particular la última, palidecían ante el estado de indefensión metafísica que provocaba la idea aristotélica de que el alma dejaba de existir en cuanto el cuerpo moría. De aceptar la destructibilidad del alma, la cual era consecuencia de considerarla compuesta de elementos materiales, por rarificados que se mostraran en dicho caso, quedarían anuladas todas las ideas cristianas respecto del paso a otra vida y, en particular, de la valoración última que tenía lugar durante el Juicio Final y el anhelado sitio que podría ganar el alma en el Paraíso.

La salida más sencilla de este conflicto, la de desmontar el aristotelismo por su desacuerdo con la religión, no era la más aceptable al tomar en cuenta los beneficios intelectuales y prácticos que le habían convertido en la corriente filosófica dominante. Así las cosas, y siendo impensable adaptar las verdades de la Iglesia a los credos del aristotelismo, la vía que se siguió fue la de conciliar ambos enfoques. Roberto Grosseteste, Rogerio Bacon y Alberto Magno se encuentran entre los más conspicuos representantes de esta corriente, pero sería Tomas de Aquino el que con mayor claridad definió las relaciones y las fronteras entre la religión y el naturalismo filosófico que tantos cuestionamientos producía a ciertas explicaciones acuñadas desde el podio del cristianismo.

En principio, señaló el hombre de Aquino, la fe y la razón podían conducir a verdades aparentemente diferentes, pero que bien analizadas nunca podían ser contradictorias, pues lo que era divinamente enseñado por la fe no podía ser contrario a aquello que resultaba de utilizar la razón, misma que le había sido conferida al hombre por el Creador. De haber conflicto, una u otra, la fe o la razón, sería la causa del error. Pero ambas habían sido dadas al hombre por designio divino, "por lo que Él sería la causa del error, lo cual es imposible" (Questión I-IV, *Comentario* al "De Trinitate" de Boecio).

Esto no cambiaba el hecho de que la teología ocupara un lugar superior al de la filosofía, aun cuando la segunda mantuviera un lugar de privilegio, puesto que a través de la razón se podían demostrar proposiciones de fe –como la existencia de Dios,[11]

[11] Una presentación breve de las 'demostraciones' de la existencia de Dios de Anselmo de Canterbury (1033-1105) aparece en Grant, *God and Reason in the Middle Ages*, pp. 53-56. Se mencionan las tres demostraciones que aparecen en el *Monologium* y la más conocida, la llamada 'onto-

iluminar verdades religiosas a través de analogías con el mundo natural y refutar objeciones a la fe.

Pero a pesar del estatus superior que se le concedía a la verdad religiosa, el balance de la historia apunta a que Santo Tomás logró, en cierto sentido, cristianizar a Aristóteles y, al mismo tiempo, 'aristotelizar' al cristianismo.[12] Esto no resolvía todas las posibles diferencias que existían y que podían surgir al enfrentar explicaciones acerca del curso natural de los fenómenos que tuvieran planteamientos discordantes, según provinieran de las enseñanzas de la Iglesia o de los textos sustentados en la sabiduría pagana –la de Platón o Aristóteles– y en las deliberaciones de sus seguidores medievales. ¿Cómo conciliar, por ejemplo, que Aristóteles negara la existencia del vacío con la posibilidad de que, si Dios lo deseaba, podían existir varios mundos, y también de que era capaz de dotar al cielo más externo de un movimiento rectilíneo? Esta última parte cancelaba el dogma sostenido por Platón, Aristóteles, Ptolomeo, es decir, por todos los que a lo largo de la historia habían incursionado en las cuestiones y los modelos cosmológicos y coincidían en que la última esfera contenía a las estrellas fijas y que éstas se desplazaban, en función de su movimiento natural –el único posible según este modelo–, en círculos. Todas las explicaciones acerca de los ciclos astronómicos se basaban en esto, y tenían como apoyo que correspondían a lo observado y que sus modelos predecían con bastante finura los aspectos estelares con mucha anticipación.

Y sin embargo la autoridad y la omnipotencia divina debían prevalecer, y si Dios así lo deseaba podría crear otros mundos, y si así lo hiciera significaba que más allá de nuestro mundo habría un espacio vacío para ser ocupado por una nueva Creación. Y como corolario de lo anterior un cuerpo podría desplazarse de manera rectilínea en este vacío sin que ningún 'pleno' se lo impidiera. Como puede suponerse, este tipo de argumentación no necesariamente provenía de las esferas eclesiásticas desligadas de la filosofía o ciencia natural. En este caso particular quien así lo sostenía era Nicolás Oresme (1320-1382), uno de los innovadores medievales más relevantes en el ámbito de las teorías de movimiento.[13]

Para enfrentar todas aquellas discusiones en las que se ponía en duda la capacidad de Dios para actuar como su sapiencia le guiara, aun fuera crear algo indestructible –es decir, algo que ni Él mismo pudiera anular– o superar oposiciones de carácter lógico que hoy nos parecerían absurdas o meras acrobacias lingüísticas, en 1270 y luego en 1277 se emitieron en París con-

lógica', que fue presentada en el *Proslogium*. Todas ellas tienen como característica común que no se basaban en las Escrituras sino sólo en la razón.

[12] Deason (1986), "Reformation Theology and the Mechanistic Conception of Nature", p. 169.

[13] Sobre sus contribuciones a la filosofía natural se puede consultar a Grant (2001), *A History of Natural Philosophy*, quien le dedica varias secciones. Véanse también las traducciones al inglés de dos textos básicos de Oresme: *Le Livre du ciel et du monde* (1968) y *The Medieval Geometry of Qualities* (1968).

denas –del orden de 219– de lo que 'se prohibía pensar'. Ejemplos de ellas son las siguientes, citadas según el número que les fue asignado en la *Condena*:

Se prohíbe pensar:

21. Que nada ocurre al azar, que todo ocurre por necesidad, y que todas las cosas futuras que serán lo serán por necesidad, y aquellas que no sean es imposible que sean.

48. Que Dios no puede ser la causa de un nuevo acto [de creación].

77. Que si hubiera una sustancia separada que no moviera nada, no estaría incluida en el universo.

81. Que, puesto que las inteligencias no tienen materia, Dios no puede hacer varias inteligencias de la misma especie.

87. Que el mundo es eterno y que también lo son las especies contenidas en él.

107. Que los elementos son eternos, sin embargo han sido creados en la relación que ahora tienen.

141. Que Dios no puede hacer que exista un 'accidente' sin un sujeto, pues esto da lugar a un argumento de imposibilidad que deriva en una contradicción.

152. Que las discusiones teológicas se sustentan en fábulas.

172. Que la Revelación es un obstáculo para el aprendizaje.

En vista de que la condenación –cuyo autor intelectual fue Étienne Tempier, obispo de París– incluía varios artículos que rebatían posiciones sostenidas por Tomás de Aquino, y por otros religiosos interesados en la filosofía natural y que en cierta medida congeniaban con algunas ideas de Aristóteles, es evidente que no sólo había una polémica que enfrentaba a hombres de la Iglesia con otros intelectuales, en particular con los profesores de las facultades de artes, sino que también convocaba a teólogos conservadores para que se manifestaran en contra de aquellos con ideas renovadoras que buscaban separar los ámbitos de lo divino y de lo natural. Como miembro de este último bando destacaba Tomás de Aquino, quien explícitamente decía: "no veo qué relación pueda haber entre la interpretación de un texto de Aristóteles y la enseñanza de la fe".[14] Varios de los artículos de la condenación iban expresamente dirigidos contra ideas tomistas, pero como también en cuestiones de religión desempeñan su papel la política y los juegos de poder, una vez que Tomás fue canonizado en 1323, el nuevo obispo de París sustrajo de la prohibición aquellos artículos que iban específicamente dirigidos contra el ideario tomista.

La prohibición de pensar libremente, pues eso era a lo que se reducía la lista de la

[14] Citado en Grant (2006), *History of Natural Philosophy*, p. 252.

condenación, no afectó seriamente el desarrollo de la filosofía natural. Por el contrario, una vez que los temperamentos autoritarios se apaciguaron pocas décadas más tarde, lo que produjo fue una larga lista de argumentos racionales pero contrarios a los hechos observados en el mundo, muchos de los cuales se referían a fenómenos considerados naturalmente imposibles de acuerdo con las doctrinas aristotélicas. Si dejamos de lado aquellos planteamientos en los que Dios se veía desafiado a producir situaciones lógicamente inadmisibles, las más de las veces lo que los filósofos sometían a discusión era si el mundo no habría sido creado de manera diferente a como lo suponían los filósofos clásicos y los que defendían sus tesis en las universidades de fines del medievo, a quienes se sumaban los teólogos que matizaban o regulaban estas doctrinas con la vara de la fe. Inevitablemente una pregunta se insinúa: ¿qué tan preparada o qué tan dependiente era la filosofía natural del papel que Dios desempeñaba en la cosmovisión de los siglos xi al xiv? Andrew Cunningham ha sostenido que toda la discusión filosófica de este periodo, incluida la que se ocupó de las ciencias de la naturaleza, giró siempre en torno de algún asunto referido a la divinidad, y que además, y aun sin ser nombrado explícitamente, Dios siempre estaba presente en la mente de los pensadores medievales y sus opiniones siempre lo tenían en cuenta. En contra de esta posición –que a muchos lectores de inicios del siglo xxi les puede parecer exagerada– se levantó la pluma de Edward Grant, y el resultado de las tomas de posición de ambos ha sido publicado en *Early Science and Medicine* (2000).[15]

ENSEÑANZA ESCOLÁSTICA Y FILOSOFÍA NATURAL

Si se le quiere hacer justicia, es necesario aclarar que sería una tarea imposible intentar describir en unas pocas líneas las características del método escolástico. Nace de la *lectio*, la lectura, interpretación y comentarios a un texto que el maestro presentaba ante un grupo de estudiantes. De ahí pasó a la *questio* y luego a la *disputatio*. La primera consistía en el ejercicio mediante el cual el maestro planteaba preguntas –mismas que con el tiempo se recogían en tratados– a las que una vez discutidas se daba la respuesta 'oficial', sustentada en los textos canónicos y en las interpretaciones que la Iglesia ofrecía al respecto. La *disputatio* o 'disputa' era una confrontación entre estudiantes –y en ocasiones entre maestros– que sostenían tesis encontradas y en la que se ponían en juego los conocimientos de los participantes y la capacidad para enlazar citas y silogismos que condujeran al fin deseado. Finalmente era el maestro –y en el caso de la *disputatio* entre profesores una autoridad con mayor reconocimiento, o el sentir del público congregado para escuchar a los rivales– el que aportaba la *conclusio* o fallo final y que daba por terminado el debate.

[15] Esta discusión la recogió la revista *Early Science and Medicine* bajo el título "Open Forum: The Nature of 'Natural Filosophy'", en el volumen 5, núm. 3, pp. 228-300.

Si bien es cierto que en ocasiones quien fungía como árbitro de la *disputatio* no poseía la preparación o los atributos intelectuales necesarios para conducir adecuadamente el certamen, de cualquier manera el ejercicio cumplía con una función: que los participantes tomaran una posición frente al tema discutido y que aprendieran a reconocer la legitimidad de que existiera diversidad de opiniones.[16] Con ello el método escolástico lograba inducir en el estudiantado la idea de que abrazar un sistema de pensamiento o de opinión conllevaba una responsabilidad intelectual. El refinamiento de la *ratio* –razón– propiciado por estas prácticas se puede entrever en al menos tres áreas: una sería el uso sutil de las opiniones de las autoridades, y de ello un buen ejemplo es el *Sic et Non*, trabajo de Pedro Abelardo que es reconocido como una especie de 'Discurso del método' de la Edad Media. En este texto Abelardo analiza el uso y significado de las palabras, y enseña a discutir si las fuentes de información son las adecuadas, a identificar pasajes 'corruptos' en la literatura a su alcance y a distinguir si lo que se dice responde a un dogma o a una opinión, si es del autor o si es ajena. Finalmente aconseja que ante diferencias irreconciliables entre diversos autores, uno debe seguir al de mayor autoridad.

Otra área consistió en acostumbrar a las mentes a reconocer las diferencias en cuanto a opinión y que, aunque el ideal sería que hubiera una especie de unidad, concordia o armonía, esta especie de sinfonía sólo podía elaborarse a partir de la polifonía. Guillermo de Auvergne lo comenta en una forma un tanto poética: "si contemplas la belleza y la magnificencia del universo, descubrirás que éste es un himno muy delicado, y que las criaturas, por su variedad, cantan al unísono produciendo una armonía de excelsa belleza".[17]

Por último, el otro supuesto que hacía del pensamiento tardo-medieval algo que iniciaba un rompimiento con la tradición es precisamente la introducción y aceptación de ideas novedosas. Desde los terrenos de la música, pasando por la difusión de la *Física* aristotélica y las *novitates profanae* –novedades profanas– incluidas en el *Libro de Sentencias* de Pedro Lombardo, hasta los nuevos métodos y sistemas de demostración que utilizó Santo Tomás de Aquino, se recibían señales de que poco a poco se gestaba una nueva manera de mirar, describir e interpretar a la naturaleza.

Un nuevo tipo de argumento cobraba importancia conforme los filósofos naturales atendían a los fenómenos tal y como se presentaban, y no como aparecían descritos en los textos de uso en la época. La faceta que se abría paso, si bien no era desconocida aunque sí poco recurrida desde la Antigüedad, era el uso sistemático –y ajustado a reglas racionales–

[16] Sobre la dinámica de la enseñanza medieval se puede consultar Piltz (1981), *The World of Medieval Learning*, pp. 86-87, 114, 145, 148, 185 ff., 236 ff., y Le Goff (1965), *Los intelectuales de la Edad Media*, la segunda parte: el siglo XIII…

[17] Citado por Le Goff (1992) en *Medieval Civilization*, p. 348.

de la observación y la experimentación. Quien durante la Edad Media podría ser tenido como el primer gestor de esta corriente, o al menos el más conspicuo, es Rogerio Bacon, el primero en haber utilizado –hasta donde se sabe– el término *scientia experimentales*.[18] Aunque en parte fuera un resultado de la rivalidad entre los oxonienses y parisinos, se sabe que miraba con desdén las enseñanzas de la filosofía natural de los maestros parisinos que se ocupaban sólo de repetir lo que aparecía en los libros. La excepción de ello era Pierre de Maricourt, autor de un texto sobre magnetos y conocido como "el maestro de los experimentos".

Bacon, franciscano educado y trabajando en Oxford, formaba parte de una tradición más cercana a las ciencias naturales para la cual las matemáticas, sobre todo en el campo de la óptica, podrían ser de gran utilidad.[19] Sin embargo, aun en Oxford había reticencias sobre la validez o el significado de los "experimentos". Puede uno encontrar las razones de esta situación en la manera en que se transmitió el interés por el conocimiento, los propósitos a los que éste se dirigía y, además, la existencia de una serie de prejuicios, heredados de la cultura clásica, que hacían del trabajo manual una actividad propia de los esclavos y de la servidumbre. Según esto, lo apropiado era leer a Aristóteles y a Galeno, no realizar experimentos o llevar a cabo disecciones o estudios anatómicos directamente sobre el cuerpo humano. En una sinergia muy compleja los prejuicios de los maestros en las facultades de medicina se sumaban a los de la Iglesia para frenar los avances en el conocimiento directo de la anatomía humana, situación que se mantendría hasta la segunda mitad del siglo XV, cuando anatomistas como Mondino y artistas como Leonardo iniciaron los estudios que culminarían en el revolucionario libro *De humani corporis fabrica* de Vesalio (1543).

A pesar de la innegable influencia de la religión sobre la formación de una visión del mundo, y de los modos de pensar y concebir los objetos de estudio de la filosofía natural o *scientia*, esta disciplina no generó un enfoque rígido y unitario. Atendiendo a las características de cada sitio, a las preferencias de los maestros o de las órdenes religiosas dominantes en la región, a la disponibilidad de unos u otros textos y a la problemática que adoptaron como insignia las diferentes comunidades, se desarrollaron varias tradiciones y enfoques respecto de la construcción de un saber acerca del mundo natural. Con el propósito de identificar algunas de estas grandes corrientes que en sí agrupaban a su vez una variedad de enfoques y objetos de estudio, resulta útil seguir una cierta clasificación que distingue entre tres corrientes o tradiciones que podría uno describir respectivamente como orgánica, mágica y mecanicista.

[18] Sobre Bacon y la importancia de los experimentos, véase Clegg (2003), *The First Scientist*, pp. 193-206.

[19] Los principales escritos de Bacon sobre óptica son el *Opus Majus*, *De la multiplicación de las especies* y la *Perspectiva*.

LA BÚSQUEDA DEL CONOCIMIENTO. TRES TRADICIONES: ORGÁNICA, MÁGICA Y MECANICISTA

Antes de seguir adelante es necesario aclarar que, como dama de compañía de las tres tradiciones, en todo momento está presente el elemento religioso, aun cuando no se manifieste explícitamente. Aunado a lo anterior hace falta tener cuidado de no caer en anacronismos, es decir, proyectar nuestras visiones acerca del mundo teñidas con toda nuestra cultura y el saber que hemos acumulado, sobre las formas de pensar de las sociedades que nos antecedieron. Bajo estos supuestos se presenta a continuación una descripción esquemática de las tres tradiciones que con el fin de descubrir tendencias y métodos podría uno identificar.

La tradición orgánica

En el seno de la tradición orgánica sus partidarios explicaban el mundo a partir de analogías sustentadas en lo que hoy se acomodaría como parte del pensamiento biológico. El filósofo natural apegado al pensamiento de corte biológico recurría a imágenes y vocablos extraídos de los procesos de crecimiento y decaimiento, con analogías del tipo de "la bellota que se transforma en roble" siempre a la mano. El cambio y no la regularidad o la uniformidad es lo que se destaca, y lo que debe justificarse es la consistencia con la que el patrón se repite, que dada una causa o concurrencia de causas el efecto siempre es el que corresponde al eslabón que ocupa en la cadena causal. Así, no sucede que de la unión de un caballo y una yegua el producto sea un elefante o un insecto.

La analogía con una naturaleza que funciona a la manera del artesano que a partir de una materia prima genera una estatua, obra que es producto de una intención que guía la acción del artesano, inspiró la idea de que existe una intención o un propósito que guía las formas de actuar de la naturaleza. A este propósito se le llamó la "causa final", y retomado por Aristóteles adquirió el rimbombante nombre de 'causa teleológica'. Ésta sería la causa dominante en el devenir de un fenómeno; las otras tres causas que integraban el compendio aristotélico eran conocidas como *la material*, *la formal* y *la eficiente*. Para la tradición aristotélica entender un fenómeno consistía en identificar las cuatro causas.

La primera, la 'material', se refiere a la *materia* –sustancia, sustrato– que constituye el objeto, aquello a partir de lo cual la cosa se conforma y que persiste.[20] La segunda causa se refiere a la *forma* especificada como tal. En su sentido más inmediato alude a la figura, a lo que nuestro sentido de la vista percibe para identificar lo que distingue a un objeto dado de otros objetos que provocan una percepción visual diferente. En un sentido más estricto la 'forma' es el "logos de la esencia",[21] alude a la naturaleza del organismo, su principio interno de cambio, lo que el organismo u objeto 'es'. El 'logos de la esencia' convoca las ideas de orden, arreglo, razón, proporción,

[20] *Física* II.7, 194b 24.
[21] *Ibid*, II.7, 194b 27.

lo que aporta inteligibilidad a la esencia. La 'forma' es aquello que permite, "al definirlos, que podamos establecer lo que la carne o el hueso son".[22] Es también el orden que la mente puede aprehender, es lo que señala "lo que la cosa es" en donde el "porqué" y el "cómo" convergen y gracias a lo cual al conocer el "porqué" se entiende la esencia.

La tercera causa, 'la eficiente', es la fuente primaria del cambio o del reposo.[23] El padre es la causa del hijo de igual manera que el artesano es el generador de su obra. Lo que provoca el cambio es la causa de lo que sufre el cambio.[24] La misma manera de explicar o describir cómo ocurren los fenómenos según estas causas hacía patente que eran los organismos vivos y sus procesos lo que inspiraba esta forma de enfocar y entender los hechos de la naturaleza, tanto si se refería a hechos del mundo animado como si se ocupaba del inanimado. Tan es así que un problema tan ajeno a la esencia de los objetos animados, como lo sería el del movimiento de un proyectil, era tratado bajo el esquema de movimiento 'natural' *vs.* movimiento 'no natural' o 'violento'. Así es como se ocupaba, en el primer caso, de aquel que se lleva a cabo para restaurar a los objetos a su lugar 'natural', el que les corresponde en función de su esencia, y que para este efecto significaba decir que una piedra alejada de la tierra y sin nada que la sostuviera viajaría en línea recta hacia el centro de la misma, cesando su movimiento sólo hasta que el suelo la detuviera, y que el fuego se desplazaría hacia las alturas para alcanzar la capa más alta de la región interna a la esfera donde encaja la luna. El segundo caso se refería al movimiento que se efectuaba en dirección contraria de donde se encontraba el 'lugar natural' del objeto. Una piedra al ser soltada desde las alturas se desplazaba hacia abajo con movimiento natural en tanto que un objeto lanzado hacia arriba se movía –al menos durante la parte inicial de su trayectoria– primero con movimiento 'violento' hacia arriba y luego, una vez agotado el agente que lo provocaba, con movimiento natural hacia abajo. Como se ve, la causa teleológica o final imponía que el cuerpo se dirigiera y alcanzara el lugar que su esencia le asignaba.

Esta forma de entender el mundo y sus fenómenos a través de las cuatro causas perduró hasta el siglo XVII, y no es difícil darse cuenta de que en cierto sentido aportaba y se sustentaba en argumentos y hechos que interpretados a su manera estaban muy cercanos a lo que entonces se tenía como parte del 'sentido común', es decir, todas aquellas nociones que la experiencia y la tradición hacían inteligibles en el seno de una cultura o visión del mundo. Por ejemplo, para Aristóteles y los pensadores medievales y renacentistas un cambio consiste en la actualización de lo que existe en potencia.[25] Una pila de ladrillos potencialmente es una casa y un

[22] *Ibid.*, II.I, 193b 2.
[23] *Ibid.*, II.3, 194b 29-30.
[24] *Ibid.*, II.3, 194b 30-32.
[25] *Ibid.*, IV.4.

constructor puede hacerla. Actualizar esta potencialidad es construir la casa. Podemos entonces concebir el cambio en términos de un constructor actualizando su potencial al transformarse en el constructor que construye, y que los ladrillos se actualizan en la casa que se está construyendo. Estas dos acciones, la actualización de las dos potencias –el constructor y los ladrillos– no constituían dos eventos separados. Actualizar el agente –causa eficiente– y el paciente –causa material– para tener una casa con el diseño que adquiere –causa formal– en función de la necesidad que debe satisfacer –causa teleológica–, no constituye en Aristóteles una sucesión de eventos sino que todos ellos son uno solo, si bien visto desde diferentes perspectivas. Un símil sería pensar en el maestro que enseña. Sólo si hay un alumno que aprende se puede hablar de que la enseñanza ha tenido lugar: hay un agente y un paciente que al realizar ambos su cometido logran que 'enseñar' pase de ser algo en potencia a un hecho realizado, la potencia que deviene en acto.

De acuerdo con Aristóteles el principio primario del cambio se identifica con la 'forma', y ésta posee dos características que se deben destacar: la 'forma' es algo inherente a los objetos naturales y tiene propiedades que la hacen dinámica. Así, las formas se constituyen en los principios internos del cambio y actúan como una especie de fuerza bajo cuyo efecto se produce o reproduce la 'forma'.

En el mundo natural se reconocían al menos tres maneras de transmisión de las 'formas': la reproducción sexual, la creAción de artefactos y la enseñanza. El modelo que recoge al constructor o artesano creando un artefacto es muy ilustrativo. Este personaje aloja su arte o *techne* en su alma, es decir, la 'forma' que posteriormente impondrá sobre la materia externa reside en primera instancia en su alma. La 'forma' del artefacto, en tanto que está ya presente en el alma del artesano, existe en potencia, y es en virtud de este poder que posee su alma que se dice que es un artesano. La actualización completa de su arte consiste en que haya construido el artefacto. Así, el proceso de construcción que lleva a cabo el artesano es en acto la 'forma' del artefacto en acción. Esta actividad ocurre conforme se lleva a cabo el proceso y por ello se afirma que el primer principio del cambio es la 'forma' en acción. Y esta 'forma' deberá ser la causa en el sentido de "aquello para lo cual se establece el cambio".[26] Expresar así esta modalidad de acción de la 'forma' llevó a referirse a ella como la 'causa final', siendo sólo una manera de aludir al modo de actuar de la naturaleza y que condujo a Aristóteles a resaltar que "es evidente que la naturaleza es una causa, una causa que opera con un propósito".[27]

Estas consideraciones, además de aportar una explicación de los propósitos y las maneras de actuar de la naturaleza, también servían como base de los embates que los aristotélicos emprendían en contra de las corrientes mecanicistas –que se presentarán

[26] *Ibid.*, II.8, 199a, pp. 30-32.
[27] *Ibid.*, II.8, 199b, pp. 32-33.

más adelante en este escrito– y que hasta bien entrado el Renacimiento seguían siendo motivo de discusión.

En los inicios del siglo xv la cosmología y la física aristotélicas se complementaban y apuntalaban una con otra. La Tierra estaba situada en el centro del universo y alrededor de ella giraban los planetas, el Sol y la Luna, cada uno guiado por la esfera o sistema de esferas que explicaban su movimiento. Arriba y abajo eran considerados términos absolutos en tanto que se definían sobre la base de los 'lugares naturales' de los objetos que eran calificados como pesados o ligeros, según su tendencia a desplazarse por sí mismos hacia el centro de la Tierra o en dirección opuesta a dicho sitio, respectivamente. Además, en la zona situada por encima de la Luna los cuerpos se movían siguiendo órbitas circulares, mientras que en el mundo sublunar el movimiento natural era rectilíneo y la materia se constituía a partir de cuatro elementos: dos 'ligeros' (aire y fuego) y dos 'graves' (tierra y agua), a su vez con propiedades que pedían ser explicadas mediante las cuatro cualidades: caliente, frío, húmedo y seco.[28] La composición de los elementos atendiendo a sus cualidades con frecuencia se representaba mediante un cuadro que posteriormente sería también aceptado por la tradición alquimista. Con los elementos en los vértices, las cualidades se intercalaban en las aristas, de manera que cada par de cualidades generaba el elemento situado en el vértice entre ellas.

Los objetos en los que predominaban el agua o la tierra se movían 'hacia abajo'. Esta conclusión tenía como sustento el simple acto de la observación empírica y concordaba con que el movimiento debería efectuarse con miras a una cierta finalidad que en este caso era ocupar su lugar natural. Esta búsqueda de paso explicaba el hecho de que la velocidad aumentara conforme el objeto se acercara a su destino, y lo hacía siguiendo una trayectoria rectilínea puesto que ésta era la forma de movimiento apropiada para el mundo sublunar, el dominio de lo imperfecto, lo inacabado, lo aún sujeto a cambio.

En cuanto a lo que ocurría en la región situada más allá de la esfera lunar, donde se movían los cuerpos celestes, las observaciones recogidas desde la Antigüedad y recopiladas en el *Almagesto* o *Sintaxis Matemática* de Ptolomeo, junto con los modelos o teorías que explicaban con cierta exactitud –suficiente para la época en la mayor parte de los casos– los movimientos celestes, apoyaban la idea aristotélica de que los planetas y demás cuerpos supralunares se movían en trayectorias circulares alrededor de la Tierra. Estos movimientos los efectuaban con periodos orbitales conocidos que permitían tanto predicciones de las posiciones de las luminarias más conspicuas como de los eventos singulares, tales como la ocurrencia de eclipses, alineaciones planetarias y arreglos particulares de interés astrológico.

Para 1500 la información contenida en el *Almagesto* o las diferentes tablas astronó-

[28] Al fuego le correspondía lo caliente y lo seco, al aire lo caliente y lo húmedo, al agua lo húmedo y lo frío y a la tierra lo seco y lo frío.

micas elaboradas en la Edad Media como correcciones a la obra de Ptolomeo –por ejemplo, las tablas elaboradas a petición de Alfonso X el Sabio–, podían ser utilizadas como apoyo para la causa aristotélica. Los datos extraídos de estas fuentes servían para justificar el principio filosófico según el cual el movimiento circular en los planetas, eterno y sin alteraciones, era el movimiento natural y a la vez perfecto, y a él se acomodaban todos los luceros que tachonaban la bóveda celeste. Esto marcaba la diferencia entre un ámbito, el supralunar, en el que todo se sometía a la perfección de la inmutabilidad y de los movimientos circulares, y otro, el imperfecto y cambiante dominio que circundaba a la Tierra y donde los cuatro elementos empedoclianos daban curso a los fenómenos que recogía la experiencia humana.

Sin embargo, no todas las explicaciones resultaban fáciles de digerir. Había un caso en particular que despertó inquietud entre los filósofos naturales y tocaba la cuestión del movimiento de un proyectil que durante la primera parte de su recorrido era realizado bajo la modalidad de movimiento 'violento' para finalmente transformarse en uno 'natural'. Los aristotélicos lo explicaban como un efecto del aire que, al ser desplazado por el proyectil lanzado hacia arriba, efectuaba un giro que pretendía impedir la formación del vacío en la parte del medio que era desalojada por el objeto. Al ocupar dicho espacio el aire imprimía un impulso que mantenía al móvil alejándose de su 'lugar natural'. Una vez 'agotado' –lo que fuera que esto significaba– este efecto según el cual el objeto desplazaba al aire que a su vez volvía para empujar al objeto, éste continuaba una trayectoria siguiendo los dictados del movimiento natural. Dicho proceso, llamado *antiperistasis*, empezó a perder credibilidad en el siglo XIV y pasó a ser sustituido paulatinamente por otro que introducía un elemento explicativo completamente ajeno a lo que previamente se había manejado: el *ímpetu*.

El ímpetu sería una cualidad que el proyectil adquiría al ser lanzado y que conforme se desarrollaba el movimiento era perdida gradualmente. Quien primero planteó el manejo de este concepto para explicar qué mantenía al proyectil en movimiento ascendente sin que hubiera una causa eficiente en contacto con él fue Jean Buridan.[29] Más adelante se le uniría Alberto de Sajonia y el mismo Leonardo apelaría a esta extraña cualidad que sin poseer sustancialidad daba cuenta del fenómeno.[30]

Había otro tipo de cambio que la teoría aristotélica lograba explicar con cierto éxito. Éste era el que se producía al poner en contacto los diferentes elementos básicos planteados por Empédocles y que producían lo que ahora llamamos un cambio 'químico'. De ninguna manera era explicable –según los aristotélicos– en términos de encuentros de átomos interactuando

[29] La teoría del ímpetu es tratada, junto con extractos de la obra de Buridan, en Clagett (1979), *Science of Mechanics in the Middle Ages*, pp. 505-540.
[30] Las teorías medievales del movimiento son presentadas de manera abreviada en Murdoch y Sylla, "The Science of Motion", en Lindberg (1978), *Science in the Middle Ages*, pp. 206-264.

mecánicamente en el vacío. Por principio de cuentas, Aristóteles no aceptaba la existencia del vacío ni la explicación de los atomistas que sólo consideraban mezclas del tipo que resultaría de juntar trigo y lentejas. El cambio 'químico' debería responder a variaciones en la participación de los cuatro elementos en una sustancia. El cambio material que se producía al quemarse un pedazo de madera consistía en una pérdida de aire que dejaba un producto con un contenido proporcionalmente mayor de tierra y al que se conocía como carbón. Pero aunado a ello resultaba que este carbón poseía otras propiedades o cualidades diferentes de las que ostentaba la madera, y esto se debía al cambio en la 'forma sustancial'.

El énfasis que los aristotélicos ponían en la 'forma' y las diferencias cualitativas anulaban toda posibilidad de explicar el cambio 'químico' en términos de simples movimientos de partículas, como sería el caso de una explicación mecanicista. Aun en el caso del proyectil en que se había recurrido a la idea de ímpetu, éste, a fin de cuentas, era considerado como una cualidad adquirida y consumible por el proyectil.

Una disgresión: el trasfondo lógico y el aparato argumentativo de la filosofía medieval

El enfoque utilizado por Aristóteles y perfeccionado a lo largo de los siglos tenía como uno de sus ejes la sistematización y la generalización de los datos y las inferencias que a partir de ellos se podían realizar, aun cuando la evidencia empírica no fuera tan robusta. Pero esta debilidad se dejaba un tanto de lado al recibir el apoyo de un instrumento que parecía prevalecer sobre todo lo demás que conformaba el aparato del conocimiento, excepción hecha de la verdad revelada mediante la fe o el concurso de la divinidad. Este instrumento era el silogismo y sus derivaciones. Una vez identificados el tipo de proposiciones lógicas del lenguaje y las relaciones que las conectaban para producir conclusiones verdaderas o falsas, estos silogismos permitían edificar un sistema filosófico que sólo podría ser minado por hechos concretos y evidentes que no se acomodaran con las 'verdades' del sistema.

Con este aparato argumentativo la filosofía natural justificaba sus verdades hilando ideas, como se ejemplifica claramente en el Libro VIII de la *Física* al mostrar que el movimiento circular es –en su escala de valores que a la vez responde a la relevancia del fenómeno– prioritario respecto del movimiento rectilíneo. Este último, según Aristóteles, al efectuarse en línea recta no puede ser ni infinito ni eterno, puesto que no existe una recta infinita y por lo tanto o se detiene o se regresa, lo que implica un momento de reposo al cambiar de dirección y que lo hace un movimiento incompleto, en el primer caso, o compuesto en el segundo. Y puesto que según el orden de lo natural, por definición, lo incompleto y lo perecedero son secundarios respecto de lo completo y lo eterno, el movimiento rectilíneo es secundario respecto del que se efectúa en círculo, que puede ser eterno y es completo, pues una y otra vez lleva a cabo su periplo. Más aún,

el movimiento rotatorio es simple y no compuesto como el rectilíneo. Como todo movimiento es o circular o rectilíneo, o una combinación de ambos –lo que hace de este último algo compuesto–, se sigue, por definición, que el circular ocupa el sitial de honor entre los movimientos.

Esta manera de argumentar, basada en una lógica muy elaborada y en las clasificaciones aristotélicas de lo que existía en el mundo, dando cuenta de su sustancia y de su forma, aunada a las causas finales, eran los pilares de un sistema que comenzaría a verse minado en el siglo XVI y finalmente sería desbancado a finales del siglo XVII. Pero mientras tanto esta cosmovisión, a pesar de las críticas que podía recibir, parecía en ese entonces superior a otras visiones alternativas.

El vocabulario y los esquemas argumentativos aristotélicos como sustancia, accidente, forma y causa se utilizaban para explicar desde la formación de nubes hasta lo que ocurría durante la Eucaristía –la transustanciación, es decir, la conversión durante la misa del vino y la hostia en la sangre y el cuerpo de Cristo–, en la que sin cambiar la materia sí ocurría una transformación en la esencia. Por los escolásticos la doctrina aristotélica servía para elucidar las operaciones de Dios en el mundo natural. Dios había diseñado una lógica cuyas premisas podían ser analizadas y sus propósitos revelados. En la mente de los eruditos la ciencia aristotélica y la teología escolástica marchaban de la mano y, junto con las enseñanzas de Galeno y Ptolomeo, dominaban la enseñanza en las universidades católicas e incluso en las protestantes que surgirían a mediados del siglo XVI.

Pero a la par de esta tradición había otras dos que, además de las prácticas artesanales mencionadas al inicio de este escrito, se habían venido fortaleciendo. Esto ocurrió gracias a que, entre otras cosas, varios textos habían llegado a Italia provenientes de Constantinopla y de la zona bajo su influencia que estaban cayendo ante el avance de los turcos hacia occidente. Estos escritos básicamente contenían la doctrina platónica tal y como aparecía en los *Diálogos* de Platón, y la hermética, una colección de escritos atribuidos a Hermes Trismegisto y de quien se decía había instruido a los hombres sabios de Egipto durante el periodo de Moisés. De la interacción de estas dos fuentes del saber antiguo o clásico surgirían dos corrientes de pensamiento, una que podríamos calificar de mágica y que ponía a sus seguidores en comunión con las fuerzas que propician la armonía universal, haciendo de sus practicantes una especie de magos, y otra que tomaba a las matemáticas como instrumento para entender y describir el mundo. Esta última se fusionaría con otras corrientes para integrar un estilo de ciencia que eventualmente sería el germen de la ciencia moderna que se configuraría en torno de las llamadas –un tanto equívocamente– 'ciencias duras'.

La tradición mágica

La tradición mágica inspirada en los escritos herméticos quedó en deuda con Marcilio Ficino (1433-1495) por haber llevado a

cabo la traducción de dichos textos, lo cual favoreció que el cristianismo renacentista adoptara una nueva fuente de conocimiento que hacía de Hermes Trismegisto el recipiente de revelaciones acerca del mundo físico de igual manera en que Moisés lo había sido del mundo moral. Esta sabiduría, teñida de lo egipcio, y sólo en parte disponible en occidente gracias a lo que de ella habían transmitido los pitagóricos y los seguidores de Platón, ahora estaría disponible en su forma original.[31] Si bien a fin de cuentas la ciencia no se benefició directamente, en cambio la cultura en general recibió un nuevo impulso al darse a conocer las posturas herméticas y las platónicas asociadas con la moda de 'lo griego' que irrumpiría primero en Italia y en el resto de Europa en los años subsiguientes.

El impacto sobre la ciencia de la tradición hermética se dio a través de posturas filosóficas y otras de carácter un tanto estético. Un magnífico ejemplo de esto ocurrió en el seno de la astronomía. Según el hermetismo el Sol ocupa el centro del universo y la Tierra gira a su alrededor. A su vez el Sol era el símbolo de la divinidad y su luz la fuente de la vida. Al incorporar la doctrina atribuida a Hermes varias ideas derivadas del pitagorismo que destacaban la armonía matemática del mundo, se sugería que los secretos del cosmos habían sido plasmados por Dios en un lenguaje matemático que podía verse manifiesto en las armonías musicales y en la numerología o búsqueda de afinidades entre las cosas, los fenómenos y los números. Gran parte de su prestigio derivaba de su supuesta antigüedad y por ello fue un duro golpe para sus seguidores que Isaac Casaubon (1559-1614) demostrara, con base en estudios filológicos, que los escritos herméticos tenían su origen en una época más temprana, en el siglo II d.C., siendo parte del movimiento neoplatónico iniciado por Plotino (205-270 d.C.) y fortalecido por Porfirio (232-303 d.C.).

Al igual que Platón, Plotino y Porfirio consideraban al mundo material como la forma más baja en la jerarquía del ser. Calificado como irreal en este sentido, lo opuesto lo constituían el mundo de las ideas, el de las formas eternas sobre las cuales sólo podíamos aprehender una parte de sus modalidades a través de la razón. Según Plotino, la fuente del ser era el *Uno* de donde emanaba todo lo existente, desde la vida y el alma hasta la luz y la materia. Puesto que en ocasiones encajaban en doctrinas distintas, los mismos vocablos con frecuencia poseían significados diferentes, como fue el caso del alma humana, que para el neoplatonismo era aquella parte de la creación que encerrada en el cuerpo lo conectaba con lo eterno y las formas inteligibles, las reales y por ende eternas. En cambio, para los aristotélicos el alma era lo que daba

[31] Hasta el momento la mejor y más completa presentación de esta visión del mundo aparece en Yates (1964 en inglés, 1983 en español), *Giordano Bruno y la tradición hermética*. También se recomienda Gatti (1999), *Giordano Bruno and Renaissance Science*. En cuanto a las fuentes originales el *Corpus Hermeticum* está disponible en cuatro volúmenes en la edición en francés de A. J. Festugière y A. D. Nock (1945-1954), y en inglés de W. Scott (1924-1936).

'forma' a la 'materia', lo que equivalía a que le impartiera las cualidades que identificaban a unos objetos respecto de otros.

La tradición 'mágica' no se limitaba a las enseñanzas desplegadas en los escritos herméticos, si bien éstos le confirieron una nueva fortaleza, y fácilmente se pueden rastrear otros antecedentes tanto en la cábala judía como en los escritos de magia que proliferaron en Europa a partir del siglo XII. Quienes seguían el estudio de la cábala buscaban descifrar los secretos ocultos en el Viejo Testamento. Para ello recurrían al manejo de la numerología, con lo cual daban una nueva dimensión a la figura de Pitágoras, quien había intentado entender el mundo a través de las claves que, según él, le ofrecían las matemáticas. Bajo esta doctrina, en contraste con las aristotélicas para las que las matemáticas eran una actividad intelectual de poca monta y que no poseían ninguna connotación religiosa, el uso de la geometría y la aritmética era equiparable a la contemplación religiosa.

Había otro tipo de magia, ésta más conectada con cuestiones experimentales o del orden práctico y que se difunde en Europa conforme llegaban a ella los tratados árabes repletos de 'secretos' para dominar a la naturaleza. Y junto con ellos arribó el *Secretum Secretorum*, durante siglos atribuido a Aristóteles y para muchos el libro más famoso de la Edad Media. Contra esta literatura se levantó Roger Bacon (1220-1292), y parte de su propaganda en favor de la *scienta experimentalis* que él practicaba es que le servía para poner a prueba las afirmaciones de una magia fraudulenta y para separar a los falsos libros de magia de aquellos que contenían la verdadera sabiduría.[32]

Al igual que ocurría con algunas sectas como la pitagórica, las enseñanzas guardadas en el *Secretum* estaban ocultas bajo enigmas y signos que las mantendrían a salvo de quienes no se hubieran hecho merecedores de conocerlas. Quienes pudieran descifrar sus arcanos se verían recompensados con un tipo de saber que permitiría llevar a la práctica el conocimiento filosófico (*scientia*) del 'maestro de los que saben' –como era usual referirse a Aristóteles en la Edad Media–, lo que le otorgaría un poder sin límites sobre el mundo material. Tan grande fue el impacto que el *Secretum* tuvo entre sus lectores que gente del talento de Bacon pareció "despertar a un nuevo mundo" después de recorrer sus páginas. Sin importar las claras alusiones a doctrinas islámicas, lo que Bacon creyó entrever en sus líneas fue una especie de ciencia universal que Dios había revelado a sus patriarcas y profetas. Llegó incluso a creer que el tratado contenía la clave para entender las 'ciencias verdaderas', entre las que incluía a la astrología, alquimia y fisionomía, mismas que operaban a través del 'arte' que apoya a la ciencia y no a través de la magia de los hechiceros. En efecto, la magia que se debe cultivar, según Bacon, era la magia culta, y a ésta se le debía salvaguardar de la corrupción que le imprimiría el vulgo.

[32] Bacon [1859], *Epístola*. Sobre los 'libros de secretos' véase Eamon (1996), *Science and the Secrets of Nature*, pp. 1-37.

Con todo, el *Secretum* y la literatura que surgió a lo largo de directrices similares alcanzó una inmensa popularidad gracias a que sus tópicos abarcaban diferentes ramas de la ciencia y la medicina, y aun cuestiones calendáricas, y en su conjunto daban cuerpo a un mensaje que justificaba que "el conocimiento es poder".[33] El conocimiento, según el *Secretum,* es el "entendimiento [que] está en la cima del poder de gobernar. Es la fuente de la virtud y la raíz de todo bien y de las cosas honorables".[34] Esto, para las clases educadas y los cortesanos, y en especial para los príncipes, parecía ofrecer la esperanza de ejercer el dominio mediante el conocimiento del mundo y el consejo que le aportarían las fuentes de saber esotérico. Mientras la *scientia* o el conocimiento científico consistía para Aristóteles en el conocimiento empírico de los hechos (*demonstratio quia*) y en la demostración del porqué de estos hechos (*demonstratio propter guid*), es decir, conocer el fenómeno, las causas de éste y la seguridad de que no hay otras causas,[35] los *secreta* –o temas propios del *Secretum*– son los fenómenos o propiedades de las cosas que podían ser percibidos pero no eran demostrables a través de los métodos propios de la *scientia* y no eran por tanto sujetos del conocimiento científico. El poder magnético de un imán y la capacidad de una cocción hecha a base de rábanos para endurecer el hierro son ejemplos típicos de efectos que no se podían justificar a partir de las propiedades de los elementos componentes –tierra en el primer caso y rábanos en el segundo– y de los cánones de la lógica y de la filosofía natural.

El que un practicante de las artes secretas pudiera una y otra vez reproducir una 'experiencia' apuntaba a que las operaciones técnicas no necesariamente producían conocimiento pues dependían, en última instancia, de la habilidad y de los secretos del oficio que poseía el artesano, el técnico, el mago, el experimentador. Todos ellos, bajo la regla del discurso escolástico, a lo más que llegaban era a producir demostraciones *quia*, pero no las de tipo *propter quid*, ya que su arte no se ocupaba de lo que ocurría por necesidad ni de las cosas que actuaban según las reglas naturales.

Un criterio muy socorrido por los escolásticos para distinguir entre lo que era un hecho y lo que era producto de la superstición se reducía a distinguir entre lo que aparecía reportado o confirmado por los *litterati* (los que escribían en latín para un público educado) y lo que se conocía por circular entre los *illiterati* (la tradición oral o vernácula), es decir, los granjeros, albañiles y artesanos. Bajo esta perspectiva la credibilidad de un hecho radicaba en si aparecía o no reportado en un texto con autoridad intelectual. En general, la ciencia escolástica en su vertiente medieval no pretendía descubrir nuevos hechos mediante la investigación empírica o la realización de experimentos, su propósito era únicamente asignar causas a lo que había sido aceptado como un hecho. Sin

[33] Eamon (1996), *Science and the Secrets of Nature*, pp. 95-105.
[34] *Ibid.*, pp. 45-53.
[35] *Analíticos posteriores* 71b 10ff. Véase también Dear (1995), *Discipline and Experience*, p. 27.

embargo, en el siglo xv todo empezó a cambiar, gracias en gran medida a la práctica de la medicina y a las discusiones que surgieron en torno del origen de las enfermedades[36] y de la acción de las drogas y demás recursos que utilizaban los médicos y cirujanos –ungüentos, sangrados, aplicación de copas para provocar el vacío– basados en la observación del paciente y de sus síntomas. La puesta en práctica de nuevas modalidades para restituir la salud al enfermo hizo que los experimentos y los libros que los contenían adquirieran una nueva reputación y se reconociera que aun los no instruidos podían poseer un instinto natural para identificar remedios y que los filósofos naturales los podían usar como punto de partida para integrar nuevos conocimientos a su *scientia*.

A la curiosidad que despertaban los saberes no acreditados por la *scientia* se sumó la necesidad de recurrir a estas prácticas en tanto que conformaban un 'arte', un saber cómo manipular los objetos para que de acuerdo con sus reglas –conocidas o no– la naturaleza se convirtiera en instrumento del hombre. Dentro de esta corriente se puede inscribir a Conrad Kyeser (1366-1405).

Los 'ingenios'. Entre la magia y la mecánica

Kyeser fue un constructor de *ingegni* –maquinaria de funcionamiento muy sutil producto de la agudeza de mente de su creador.[37] Con una educación muy amplia que le permitía desempeñarse como médico e ingeniero, sirvió en las cortes de Bavaria y de Bohemia y acompañó al rey Sigismundo de Hungría en la última cruzada contra los turcos, misma que terminó en desastre para el ejército cristiano en 1396. Alejado de la corte desde 1402 escribió un texto sobre el arte de la guerra, el *Bellifortis* (1405), que durante más de un siglo gozó de gran fama.[38] Ilustrado con bellísimas imágenes de máquinas de guerra, además de presentar algunos de los más ingeniosos ejemplos –algunos realmente fantasiosos– de la tecnología militar de su época, incluía decenas de artilugios, pócimas y fórmulas mágicas: lámparas fantásticas que mostrarían a los enemigos figuras extrañas que interpretarían como visiones demoniacas, amuletos para mantener alejados a los malos espíritus, una especie de antorcha fabricada con pelos de la cola y la grasa de un perro con rabia que serviría para ahuyentar al enemigo, etc. Esta multiplicidad de facetas en una misma obra ilustra el hecho de que como parte de la búsqueda del poder, el esfuerzo por dominar a la naturaleza y a las personas seguía el mismo camino, y que la proliferación de

[36] Textos en los que se describen con detalle las prácticas médicas de la Edad Media y el Renacimiento son Nancy Siraisi (1981), *Taddeo Alderoti*, y *Medieval and Early Renaissance Medicine: An Introduction to Knowledge and Practice* (1990).

[37] En *Of Wisdome* (1608), Pierre Charron define *ingenium* como "un instrumento muy agudo, sutil y cortante…y que sirve al hombre para defenderse de engaños y argumentos sutiles". Se servía de la analogía con el *ingegno* o maquinaria maravillosa con poder mecánico. Wolfe (2004), *Humanism, Machinery, and Ranaissance Literature*, p. 49.

[38] Gille (1964), *Les Ingénieurs de la Renaissance*, p. 53.

este tipo de tratados muestra por un lado la multiplicación de autores o practicantes de las artes mágicas y de índole manual, y por otro el crecimiento de la demanda por estas obras.

A su vez, y quizá por obvio pasa desapercibido, indica que el hábito de la lectura se extendía entre artesanos e ingenieros, quienes por sus mismas inclinaciones serían más proclives a ser influidos por la magia que por la filosofía escolástica. Un efecto de esto fue que un número apreciable de ingenieros y artesanos comenzaron a formar parte de ese pequeño sector de la sociedad que podía leer y escribir razonablemente bien. Además, muchos de los ingenieros comenzaron a ver en la magia una especie de marco teórico para lo que hoy se tiene como tecnología.[39] Bajo esta perspectiva la magia era tenida como una ciencia hermana para quien cultivaba las prácticas de diseñar y construir 'ingenios' mecánicos o simplemente máquinas. De esta fusión entre la magia culta –aquella que se presentaba en tratados que en cuanto a presentación y retórica eran semejantes a los que se ocupaban de las disciplinas consagradas por la tradición– y las prácticas del ingeniero surgió una nueva imagen de éste como una especie de mago que con sus inventos manipulaba a las fuerzas ocultas de la naturaleza para dominar o controlar los aconteceres del mundo físico. El mismo Kyeser declaró que las artes mágicas o *artes theurgies* eran una rama de las artes mecánicas, quedando justo por debajo de las artes militares. Es el perfecto ejemplo de quien , como constructor de artilugios, se sitúa a medio camino entre el mago y el ingeniero.

La fuente de inspiración para las cuestiones relacionadas con las ciencias ocultas no eran los tratados árabes ni nada que ver con grimorios o lo demoniaco. La autoridad a la que con frecuencia se recurría era un tratado erróneamente atribuido a Alberto Magno –monje dominico famoso por la sabiduría– y por ello conocido como *Secreta Alberti* o *Experimenta Alberti* (*Los experimentos de Alberto*), siendo uno de los libros criticados por Roger Bacon porque lo relacionaba con cuestiones de necromancia y el uso de imágenes para producir efectos materiales. Pero en esencia el *Secreta Alberti* sólo era un tratado que instruía en el empleo de las virtudes secretas de las plantas, las piedras y los animales. Ejemplo de lo que en él se encontraba es la afirmación de que quien portara un heliotropo recogido con el sol en el signo de Leo, y envuelto en hojas de laurel junto con el diente de un perro, sólo recibiría buenos tratos de sus conocidos. Otro enseña que quien portara la piedra *opthalmus* sería invisible, pues este mineral poseía la propiedad de provocar ceguera a quien lo observara. También, según esta obra, se podían utilizar las maravillosas propiedades de algunos objetos para provocar sueños terroríficos o crear ilusiones como estar en un cuarto lleno de serpientes. Todas éstas eran instancias de lo que llamaban 'experimentos' y que apuntaban, las más de las veces, a producir

[39] Eamon (1996), *Science and the Secrets of Nature*, p. 69.

'portentos' o 'maravillas' que no eran sino experiencias cuyas causas resultaban hasta entonces desconocidas, fuera por su propia naturaleza o por un cierto grado de ignorancia por parte de sus practicantes. Pero tan comunes se volvían estas 'experiencias' que para muchos resolver estos misterios sólo requería estudiarlos con más detenimiento, y así eventualmente serían recuperados para el dominio de lo racional.

Varios filósofos naturales dedicaron tratados a cuestiones del orden mágico, entre ellos Santo Tomás de Aquino y Nicolás Oresme (1320-1382). Este último, en su *De causis mirabilium* se ocupó de los fenómenos tenidos como 'maravillosos' o producto de causas ocultas. En dicho tratado presentó argumentos muy detallados para demostrar que muchos eventos que la gente considera maravillosos no requieren de causas sobrenaturales para ser explicados, simplemente son el resultado de causas naturales que no han sido identificadas o que provienen de errores de percepción. Según Oresme "el trabajo del filósofo es que dejen de existir los fenómenos maravillosos",[40] ya que una vez develadas las causas lo que tenían de maravilloso desaparece. Así, lo mágico y lo experimental se revelaban como empresas con muchas cosas en común, y una de ellas era el esfuerzo de los filósofos naturales por encontrar las causas subyacentes a ellos.

No menos importantes eran los propósitos detrás de las prácticas experimentales y de las mágicas que se ligaban con los de los artesanos y los filósofos naturales –situados a ambos extremos del espectro cognitivo tardo-medieval y renacentista–, y que respondían a un nuevo clima intelectual que consistía en la idea de que el conocimiento podía ser puesto en uso para obtener resultados del orden práctico.[41] Al reclamar un reconocimiento o valoración semejante al de las ciencias teóricas para la *scientia experimentalis,* Bacon y sus seguidores defendían la idea de que un sinfín de beneficios resultarían de los eventuales descubrimientos que se realizarían si se fomentaba el desarrollo de la medicina y de las artes mecánicas. A fines de la primera mitad del siglo xv, y al menos en las cuestiones llamadas mecánicas, los afanes de sus practicantes –representantes de lo que luego se identificaría como la tradición mecánica– las colocaban en una ruta de convergencia con la filosofía escolástica y las matemáticas.

Pero si bien en ciertos aspectos estas tradiciones convergían, de todas formas mantenían cierta identidad que se nutría de los principios metodológicos que, ajenos y aun contrarios entre las diversas tradiciones, seguían dando frutos conforme se adecuaban a los nuevos tiempos y sus circunstancias. Así fue como la tradición mágica siguió madurando y alcanzó la cima de su desarrollo a fines del siglo xvi para luego iniciar su declive, el cual fue consecuencia del fortalecimiento de la visión mecanicista del mundo que tuvo en Mer-

[40] Véase Hansen (1985), *Nicole Oresme and the Marvels of Nature*, pp. 54-61.

[41] Véase White (1962), *Medieval Technology and Social Change*.

senne, Hobbes y Descartes a sus más firmes propagandistas.[42]

La idea de mecanismo remite a un tipo de fenómeno o acción que se produce a través de la concatenación de una serie de eventos que se siguen en orden y por necesidad desde una causa inicial hasta un efecto final. El modelo original de estos procesos fue la teoría atomista en la que todo se explicaba mediante la colisión de átomos moviéndose en el vacío. Una colisión producía, si las circunstancias eran las mismas, el mismo efecto. Así, conocidas las condiciones y las leyes que regían las colisiones, los efectos subsiguientes quedaban perfectamente determinados. Esto, en breve, es el corazón de lo que se entiende por un fenómeno regido por leyes deterministas. No resulta difícil entender por qué se dice que una máquina funciona de manera determinista y que de ahí se siga que ésta se haya transformado, para la Edad Media, en el epítome de algo que funciona determinísticamente y que además provea un modelo o una imagen de cómo y cuáles podían ser los modos de actuar de la naturaleza.

En el Renacimiento los máquinas no eran algo nuevo y no ocurrió algo realmente revolucionario en cómo funcionaban, lo más que puede decirse al respecto es que el número de ellas se multiplicó fuera de toda proporción imaginable durante los siglos anteriores, y que mecanismos relativamente sencillos, aunque ingeniosos, comenzaron a utilizarse para realizar funciones que transformarían a la sociedad. Tal fue el caso de la imprenta, el reloj y, en cierto modo, algunas piezas de artillería. Ya desde el siglo xiii el paisaje de muchas regiones venía transformándose con la proliferación de los molinos, una máquina que transformaba la energía de las corrientes de agua o de viento en energía para mover una rueda que trituraba granos. También se popularizaba el uso de velas de viento que con nuevos diseños mejoraban el arte de la navegación, y se mejoraban los sistemas de poleas, las máquinas para levantar peso y las bombas de agua. La curiosidad que despertaban no terminaba en sus aplicaciones, y hubo quienes se plantearon entender su funcionamiento también en el nivel teórico. Tal es el caso de Oresme, quien recurrió a analogías basadas en el reloj para explicar algunos modos de actuar de la naturaleza.[43] Para fines del siglo xvi las analogías mecánicas eran de uso común entre los filósofos naturales y la razón de ello se encuentra en la recuperación, traducción y publicación desde fines del xv de las *Quaestiones Mechanicae –Cuestiones mecánicas–* del pseudo Aristóteles[44] y el renovado interés que tuvieron los textos de Arquímedes, para mu-

[42] Dos obras excelentes que explican el mecanicismo del siglo xvi son: Lenoble (1969), *Mersenne ou la naissance du mécanism,* y Bennett (1986), *The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy*.

[43] Mencionado por Rearney (1974), *Science and Change*, p. 44.

[44] Aunque circulaban copias manuscritas desde los inicios del siglo xv, la primera impresión fue de Aldo Manutius (1497) y a ella le sucedieron las de Vittore Fausto y Alessandro Piccolomini, entre otras. El estudio clásico sobre el tema es de Rose y Drake (1971), "The Pseudo-Aristotelian 'Questions on Mechanics' in…".

chos el más grande matemático que había producido la Antigüedad.

Sin embargo, lo que más atraía de los escritos de este último era el uso práctico de la matemática, lo cual realizaba a través de la ley de la palanca y de la reducción de otros problemas mecánicos a esta ley. Lo que hermanaba este enfoque con las *Cuestiones mecánicas* era que en ambos casos el contenido se presentaba con ropajes de textos teóricos en el sentido de que gran parte de la argumentación descansaba sobre razonamientos o demostraciones de carácter matemático. En este sentido la mecánica aparecía como una ciencia subordinada, puesto que estaba sujeta, para establecer sus principios y sus demostraciones, a una ciencia superior que en este caso era la geometría.

Pero no hay que perder de vista que en el caso de la tradición mecánica el motor que la promovía se alimentaba fundamentalmente de las tareas tecnológicas a las que serviría. Así, la traducción de las *Cuestiones* por parte de V. Fausto (1517)[45] parece estar relacionada con su diseño de una galera de guerra y el nombramiento de Fausto como responsable de un equipo que en el Arsenal de Venecia –una fábrica de embarcaciones al servicio del estado veneciano– se ocupaba de experimentar con el diseño de naves. En el mismo sentido apunta el hecho de que Giorgio Valla –profesor de humanidades pagado por Venecia para impartir cursos a sus ciudadanos– haya sido presionado para dar conferencias acerca de los trabajos de Arquímedes sobre cuerpos flotantes, pues esto redundaría en beneficio de los intereses navales de la república.[46]

Los trabajos de Arquímedes se situaban en un territorio de la ciencia que no era ni platónico ni aristotélico, y menos aún podrían ser vinculados con la tradición mágica. La tradición arquimediana –su alcance la hace merecedora de ser identificada como tal– es la del ingeniero mecánico, una tradición que también estuvo en deuda con Vitruvio (siglo I a.C.), autor de *Los diez libros de arquitectura,* y en los que discute, además de los asuntos directamente vinculados con el arte de la construcción, temas relacionados con hidráulica, estética, poleas, palancas, grúas, máquinas de asalto, relojes solares y de agua, además de molinos y acueductos. Y aunque muchas de estas cuestiones sirvieron para el diseño de objetos 'maravillosos' –puertas que giraban sin que alguien las moviera, lámparas mágicas, fuentes giratorias, etc.–, lo cierto es que este saber mecánico estaba muy alejado de las discusiones de cualidades ocultas o de la búsqueda de armonías musicales con significados religiosos. Con el surgimiento del ideal arquimediano lo que se presenta es una simbiosis entre los alcances de una ciencia mecanicista y las necesidades tecnológico-militares.[47]

[45] Para un listado de las principales ediciones de las *Cuestiones mecánicas*, véase Rose y Drake (1973), "The Pseudo-Aristotelian 'Questions on Mechanics'…".

[46] Véase Lowry M. (1979), *The World of Aldus Manutius*, p. 188.

[47] Comentarios sobre la inserción del estilo arquimediano en el uso de las ciencias aparece en

El máximo representante en el Renacimiento de esta vertiente arquimediana de la ciencia fue Niccolò Tartaglia (1499-1557), quien además de publicar dos textos seminales de la ciencia renacentista, la *Nova Scientia* (1537)[48] y *Quesiti et Inventione Diverse* (1546), publicó en latín *Del equilibrio de los planos* y *De los cuerpos en agua*, ambos en 1543. Parte del último libro lo produjo en 1551 y en 1560 hizo lo propio con *De la esfera y el cilindro*. A estas obras habría que añadirle las que sobre estos temas publicaron Cardano y Benedetti, muy cercanos a Tartaglia y quienes formaban un grupo trabajando en el norte de Italia en los aspectos prácticos de la mecánica. Sus fuentes de inspiración eran, además de Arquímedes, las obras de Ctesibio, Herón y Vitruvio, y un autor del siglo xiii, Jordano de Nemore.

En contraste con este grupo hubo otro más al sur que se concentraba en los aspectos matemáticos de la mecánica. Entre sus miembros estuvieron Federico Commandino, Guidobaldo del Monte y Bernardino Baldi, este último también autor de una colección de biografías de matemáticos ilustres. El segundo publicó una versión muy acabada de la mecánica –el *Mechanicorum Liber* (1577)–, a la usanza de una mecánica matematizada, y el último se ocupó de una mecánica fuertemente influenciada por el pseudo Aristóteles de las *Cuestiones mecánicas* y también fue autor de otra, hoy un clásico de la literatura biográfica, *Le vite de Matematici*[49] (c. 1595), que constituye el primer intento de escribir una historia de la ciencia matemática realizado en la época moderna.

Si se busca el origen del impulso inicial que despertó este furor por la mecánica, la respuesta gira en torno de las necesidades prácticas de los artilleros. La nueva ciencia de la balística –como tal la presenta Tartaglia en su *Nova Scientia*– iba dirigida a los cortesanos que mantenían estrechas relaciones con el arte de la guerra y a los artilleros, usuarios últimos de esta ciencia. En sus páginas Tartaglia fusionó las experiencias de los constructores de armas y de los bombarderos con las de los jefes militares y los responsables de tomar las decisiones. Esto lo realizó aplicando sus experimentos matemáticos a los resultados empíricos de los artilleros y a los pasajes que la filosofía natural le dedicaba el tema.

Sin querer exagerar diciendo que hubo una revolución científica –entendida como el remplazo de las doctrinas aristotélicas acerca de la materia y el movimiento por otra que sigue una metodología matemática en el marco de un paradigma mecánico–, y que ésta fue impulsada por la proliferación de los cañones en las prácticas bélicas, lo cierto fue que su uso funcionó como una especie de crisol en el que se recolectaban varios de los componentes que se consideran parte de esa revolución. El simple hecho de que la balística quedara sujeta a un

---

la introducción al volumen editado por Steele y Dorland (2005), *The Heirs of Archimede: Science and the Art of War through...*, pp. 1-7.

[48] De la *Nova Scientia* existe una versión al español de Martínez, R., y Guevara, C. (1998).

[49] Existe una edición reciente a cargo de Elio Nenci: Bernardino Baldi, *Le vite de Matematici* (1998).

esquema predictivo sustentado en las matemáticas, constituía un desafío a la visión aristotélica que sostenía que:

a) Sólo el movimiento supralunar era perfecto, lo cual permitía una descripción matemática; el de los objetos por debajo de la esfera lunar era irregular, errático.
b) Los animales y las plantas se movían en virtud de sus almas y los cuerpos inanimados.

Ambos supuestos constituían un obstáculo para suponer que alguna rama de las matemáticas pudiera asimilar a la balística bajo sus propios esquemas, fueran éstos de carácter numérico, geométrico o algebraico. La veracidad de las matemáticas de ninguna manera podría recoger lo inestable e impredecible.

Pero si el énfasis que ponía la tradición mecánica en los fenómenos como producto de fuerzas ajenas –al menos en todas sus manifestaciones, excepto posiblemente en el caso de "aquello" que puso en marcha el mecanismo– a las acciones o intervenciones de espíritus, del alma o de agentes sobrenaturales, etc., lo cual la situaba en una posición opuesta a la tradición mágica, lo cierto es que también se enfrentó con la aristotélica. Dadas las virtudes explicativas de cada una de estas tradiciones en el contexto de los siglos XV-XVI, resultaba difícil adjudicar la supremacía a cualesquiera de ellas. Aun la tradición mecánica, la que eventualmente fue el punto de partida para lo que sería la nueva ciencia del siglo XVII, no estaba exenta de problemas, pues resultaba incompatible aceptarla y al mismo tiempo creer en las disquisiciones escolásticas acerca de la naturaleza de Dios, de la recurrencia de milagros y de las razones de ser del género humano.

El giro que el mecanicismo le daría a la participación de lo divino fue hacer de Dios el *Gran Ingeniero*, en contraste con el *Gran Arquitecto* que era como se representaba al Dios santificado por el pensamiento pitagórico-platónico del medievo. Al cobijo de la visión mecanicista, la tarea del científico sería establecer cuáles eran las partes que constituían el mundo y cómo encajaban unas con otras en la *Gran Máquina*. Las pequeñas máquinas que proliferaban en el mundo servirían para combatir la adversidad, superar las restricciones que la naturaleza imponía al hombre y coadyuvar a la solución de los problemas sin que pareciera que éstos requirieran de gran esfuerzo.

Un nuevo espíritu se apoderaría de las altas esferas cortesanas así como de los artesanos y comerciantes ilustrados que, sabiendo leer, habían aprendido que la práctica de la mecánica cultivaba la *actuezza* o agudeza de ingenio, en tanto que los instrumentos mecánicos –desde los utilizados en astronomía hasta los relacionados con la maquinaria hidráulica para cuidar un jardín– eran percibidos como poseídos por el *ingegno* o la chispa del talento, por un espíritu inventivo que le confería su poder motriz. Que el entusiasmo por las máquinas y la unión que hacía de éstas el modelo de funcionamiento de la naturaleza había alcanzado a las cortes y los círculos de po-

der político y económico, se percibe en el prefacio que Henri de Monantheuil escribió en 1599 a su traducción de las *Cuestiones mecánicas* del pseudo Aristóteles, en el que afirma que el universo "es una máquina… el mecanismo más poderoso, práctico y elegante de todos los tiempos".[50]

Que estos artificios tenían la capacidad de maravillar e inspirar visiones del mundo lo constatamos en el impacto que tuvo sobre Kepler atestiguar la presentación en Praga de un autómata del emperador Rodolfo II, quien bajo la forma de un tamborilero tocaba el tambor con mayor aplomo y corrección que los de un ejecutante de carne y hueso. Éste y otros ingenios mecánicos de la colección del emperador sin duda generaron en la mente de Kepler estampas de un cosmos cuyas esferas y luminarias se desplazaban en rieles circulares, impulsadas por un mecanismo oculto, y que inspirarían al Gran Matemático Imperial[51] a contemplar la posibilidad de construir un modelo del cosmos bajo el supuesto de que "la máquina del universo no guarda semejanza con un ser animado por la divinidad, en todo caso pareciera funcionar como un reloj". La imagen que Kepler ofrece es la de un universo movido por engranes y ruedas y no por un alma.[52]

[50] Citado en Wolfe (2004), *Humanism, Machinery and Renaissance Literature*, p. 31.
[51] Título que le confirió Rodolfo II, emperador del Sacro Imperio Romano Germánico, a la muerte de Tycho Brahe, quien por entonces ostentaba el título.
[52] Sobre los modelos mecánicos que Kepler tiene en mente véase, Bredekamp (1995), *The Lure of Antiquity*, p. 37.

Al hablar de Kepler se sitúa uno en el centro de una época de cambios en la ciencia que no sólo abarcan las disciplinas físico-matemáticas sino que incluyen además transformaciones en el terreno de las ciencias de la vida, como podría ser la botánica, la anatomía y la medicina, y en el ámbito de las cuestiones utilitarias, la navegación, la operación de instrumentos más sofisticados, las fortificaciones, la cartografía y muchas disciplinas más que comenzarán a consolidarse o que de plano apenas acababan de irrumpir en el horizonte científico. Dada la extensión que podría alcanzar la presentación de todos y cada uno de estos temas, y habiendo presentado un perfil de las grandes corrientes del pensamiento científico que puede uno identificar, me limitaré a presentar los avances más relevantes en el Renacimiento, aquellos que llevarían en el siglo XX a que se hablara de la revolución científica que tuvo lugar, *grosso modo*, desde el siglo XV hasta mediados del XVII.

LAS NUEVAS CIENCIAS

La ciencia que por antonomasia viene a la mente cuando se habla de la revolución científica, o de los orígenes de una nueva visión del mundo, es la astronomía, y si se piensa en un evento que la coloque en este sitial resulta fácil identificarlo: la aparición en 1543 de un libro de Copérnico (1473-1543) titulado *De Revolutionibus Orbium Coelestium –De las revoluciones de las orbes celestes*–, obra que llegó a ofrecer una res-

puesta novedosa a varios problemas que desde tiempo atrás venían planteándose los astrónomos y todos aquellos que se ocupaban de determinar las fiestas religiosas y demás acontecimientos que requerían mantener un calendario correcto que marcara las efemérides en las fechas cuando realmente ocurrían.[53] Se puede decir que este movimiento de reforma calendárica inicia con Georg von Peurbach (1423-1461) y con su alumno Johannes Müller (1436-1476), mejor conocido como Regiomontano.

Trabajando con el *Almagesto* de Ptolomeo, Peurbach vio las ventajas de utilizar los senos de los arcos y no las cuerdas, que eran el elemento geométrico usual para presentar las tablas astronómicas que se deducían de los cálculos sobre los modelos geométricos de los movimientos planetarios. Este trabajo inspiró a Regiomontano para avanzar en el estudio de las relaciones entre los lados de un triángulo, sus ángulos y sus relaciones con la esfera y el círculo. Gracias a estos trabajos se le considera el iniciador de la geometría moderna. En 1475 el Papa lo invitó a Roma para que se uniera al equipo de expertos que buscaban resolver los problemas que de manera sistemática había venido acumulando el calendario juliano,[54] y de paso corregir los errores ya por demás evidentes tanto en los calendarios en uso como en el *Almagesto*. Por un lado sucedía que los solsticios y los equinoccios no ocurrían en las fechas previstas, y por otro había predicciones que no correspondían a la realidad, como aquellas que de acuerdo con los movimientos lunares colocaban a dicho astro a una distancia de la Tierra que no correspondía a las mediciones del diámetro aparente. Más importante aún, los astrónomos no eran todavía capaces de determinar el periodo de duración del año tropical, en gran medida debido a una deficiente teoría de la precesión de los puntos equinocciales.

Por desgracia Regiomontano murió antes de alcanzar resultados interesantes y eventualmente Copérnico se ocupó del problema. En 1625, uno de sus biógrafos, dijo que “al igual que Hércules sostuvo los cielos cuando Atlas se sintió agotado, así sucedió que cuando su coterráneo Regiomontano falleció, tocó a Copérnico revivir la ciencia de los movimientos celestes”. Aunque equivocada en varios puntos, esta

[53] Sobre la aceptación y difusión de la obra de Copérnico, véase Gingerich (2004), *The Book Nobody Read*.

[54] La reforma del calendario tuvo lugar hasta 1582. Para entonces el Sol alcanzaba el punto vernal, el sitio en el ecuador celeste donde tiene lugar el equinoccio de primavera, diez días antes de lo que marcaba el calendario. Cuando el Papa promulgó la reforma calendárica, los países protestantes no la aceptaron. Ni siquiera fue adoptada en el territorio del Sacro Imperio Romano Germánico por temor de que los príncipes protestantes se molestaran. De cualquier manera “protestaron” por este intento del Papa de –según ellos– recurrir a la venta de los nuevos almanaques y calendarios para restituir al papado de las pérdidas sufridas por la falta de ventas de indulgencias (perdones). También se le acusaba de querer “robar” el tiempo, pecado por el cual esperaban “con toda devoción”, que el Papa fuera sometido a juicio por el Creador diez días antes del Juicio Final. Sobre esto véase Heilbron (1999), *The Sun in the Church*, p. 45, una excelente obra sobre la astronomía del siglo XVI y el uso de las catedrales como observatorios.

valoración es correcta en lo que vale la pena, y fue así como el astrónomo polaco pudo retomar sus inquietudes astronómicas gracias a una estancia que realizó en Bolonia como alumno de Domenico María da Novara (1454-1504). Este astrónomo había criticado el *Almagesto* por diversas razones, y su filiación neoplatonista lo llevó a considerar la posibilidad, junto con otros humanistas como Pico Della Mirandola, de que el centro del universo estuviera ocupado por el Sol, en tanto que éste era el astro más brillante y por ello se le vinculaba con el Creador, quien ciertamente debería ocupar el sitio de honor de la creación, es decir, el centro.

En apoyo de esta hipótesis, y gracias a que la tradición astronómica griega comenzaba a ser conocida desde mediados del siglo xv, ya era posible para Copérnico leer los trabajos de Aristarco de Samos (siglo III a.C.), quien a su vez se refería a Heráclides de Ponto, el primero –hasta donde se sabe– que propuso una teoría heliocéntrica sustentada en bases científicas. Además, también estaba disponible el *Arenario*, obra de Arquímedes traducida al latín por Copérnico, y en la que el genio de Siracusa suscribía también esta teoría. Copérnico empezó a trabajar seriamente la idea del heliocentrismo desde 1503, y en 1514 publicó un panfleto –el *Commentariolus*– de seis hojas en el que planteaba siete supuestos que constituían el corazón de lo que sería el sistema copernicano que más adelante aparecería completamente desarrollado en el *De revolutionibus*. Los puntos más importantes afirmaban que:

a) El centro de la Tierra no es el centro del universo.
b) Todas las esferas giran alrededor del Sol como su punto medio, y por ende el Sol es el centro del universo.
c) Cualquier movimiento que se observa en el firmamento es el resultado del movimiento de la Tierra alrededor del Sol y sobre su propio eje. Este último determina la sucesión del día y de la noche.

Años más tarde, tres después de publicado el *magnum opus* de Copérnico, comenzó la polémica de si esta obra contradecía o no a la *Biblia*. Este texto, la base del cristianismo, en varios pasajes hacía referencia a los movimientos del Sol alrededor de la Tierra[55] y esto abría, una vez más, otro episodio de conflictos entre la ciencia y la religión. Sin embargo, no fue hasta el 5 de marzo de 1616 que la Congregación General del Índice emitió un decreto prohibiendo la venta y la lectura del *De revolutionibus* hasta que se corrigieran u omitieran los nueve párrafos en los

[55] Eran varios los pasajes bíblicos en los que se afirmaba el movimiento del Sol y que la Tierra permanecía fija. Véase el *Libro de Josué* X, 12-14, y *Salmos,* 92, respectivamente. Más poéticas son las líneas siguientes: "El Sol, que es como un desposado que sale de su recámara y se alegra como un hombre fuerte al participar en una carrera. Su avance es desde el final del cielo y su circuito alcanza el fin de él" (*Salmos,* 19, 5-6. En *Eclesiastés* 1, 5, aparece que "El Sol también se levanta, y también se pone, y se apura hacia el sitio donde nació." Sobre el debate entre las ideas copernicanas y la Iglesia se puede consultar Fantoli (1994), *Galileo. For Copernicanism and for the Church*.

que Copérnico estaba en flagrante contradicción con la doctrina católica.

Todo esto ocurría como resultado directo de la publicación en 1610 del *Sidereus Nuncius* –*El mensajero de las estrellas*–[56] de Galileo Galilei (1564-1642). En este pequeño libro Galileo presentaba los nuevos descubrimientos hechos gracias al uso de un nuevo artefacto –el telescopio– que permitía ver, como si estuviera cerca, lo que en realidad estaba distante. Con este instrumento pudo argumentar que las sombras que se observaban sobre la faz de la Luna revelaban, en realidad, la presencia de cráteres y de montañas sobre su superficie, lo cual hacía de nuestro satélite un cuerpo igual a la Tierra, es decir, ambos estarían constituidos por los mismos elementos. Esto venía a invalidar el supuesto aristotélico de que la Luna y demás objetos celestes estaban formados de una sustancia diferente –el éter– de la que existía dentro de la primera esfera que rodeaba a la Tierra. Además, dejaba de ser una superficie completamente lisa y por ende perfecta, razón por la que se le vinculaba con la Virgen María y el pasaje de la Inmaculada Concepción.[57] También mostraba que la Vía Láctea estaba formada por un sinnúmero de estrellas y que Júpiter poseía cuatro satélites. Esto último despojaba a la Tierra de su estatus como el único cuerpo celeste que por su cualidad singular de ser el sitio que alojaba al hombre merecía poseer un satélite. Por si fuera poco el simple hecho de que Venus presentara fases semejantes a las que la Luna nos ofrecía cada mes era prueba contundente de que el sistema ptolemaico no era viable[58] y dejaba abierta la posibilidad de que el copernicano fuera el sistema que verdaderamente representaba los movimientos celestes. Este logro era impresionante, pues, como lo reconocía el embajador de Inglaterra en Venecia, Galileo había "derrumbado la columna que sostenía toda la astronomía de la Antigüedad, y había que salvar de otra manera las apariencias, y lo mismo había hecho con la astrología, pues a las 'virtudes' de estos planetas habría que agregarles las de otro más [la Tierra]".[59]

La gloria de Galileo sería la causa de sus futuras penas. Si bien en 1616 se libró de un primer embate por parte de la Inquisición –y aquí cabe recordar que sólo 16 años antes Giordano Bruno había sido llevado a la hoguera por sostener, entre otras herejías, la verdad del sistema copernicano–, en 1633 fue acusado una vez más de defender ideas heréticas implícitas en el heliocentrismo. Esto lo hacía en su *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo, el ptolemaico y el copernicano*. Después de un juicio cuyos detalles han sido motivo de mucha polémica, Galileo fue hallado culpable de defender posiciones contrarias

56 Galileo [1610] (1989), *Sidereus Nuncius*.

57 Booth and van Helden (2001), "The Virgen and the Telescope: The Moons of Cigoli and Galileo", pp. 193-216.

58 Una explicación sencilla de este hecho aparece en Cohen (1985), *La nueva física*, pp. 83-84. El capítulo 4, pp. 65-90, es una revisión de cómo los descubrimientos y deducciones de Galileo minaban el edificio aristotélico.

59 Citado en Boas Hall (1994), *The Scientific Renaissance 1450-1630*, p. 320.

a las Santas Escrituras y condenado a prisión domiciliaria hasta su muerte. Así pasó el resto de sus días, en parte cuidado por su hija sor María Celeste,[60] y hasta el final de su vida apoyado por Vincenzio Viviani y Evangelista Torricelli, quienes en años posteriores alcanzarían su propia fama como científicos. Tan grande fue la fama alcanzada en vida por Galileo que aun bajo la mira del Santo Oficio era visitado por toda clase de personajes, desde un embajador francés hasta John Milton. Antes de morir se dio tiempo y tuvo la entereza de escribir y publicar sus discursos sobre *Dos nuevas ciencias* (1638), obra monumental en la que da a conocer su nueva dinámica y con la cual sepulta las ideas sobre el movimiento de Aristóteles.

El camino quedaba despejado, aparentemente, para la aceptación de la teoría copernicana, visto que la ptolemaica dependía esencialmente de dos elementos: *a*) la concordancia entre el modelo y la observación de los movimientos celestes, y *b*) la validez de la teoría aristotélica del movimiento. Invalidada esta última, ya que en términos observables los sistemas de Ptolomeo y de Copérnico eran equivalentes, el heliocentrismo resultaba ser la única alternativa disponible. No lo pensó así la Iglesia, pues hubo que esperar hasta 1958 para que sustrajera la obra de Copérnico del Índice de Libros Prohibidos, y no fue sino hasta 1979 cuando el papa Juan Pablo II abrió la puerta para que oficialmente la Iglesia retomara el caso Galileo. Finalmente, en 1992 el florentino fue reivindicado aunque, si se lee con cuidado el documento que sobre el asunto leyó el Papa, lo que hace es culpar a una "trágica y mutua incomprensión" de las partes involucradas de lo que a fin de cuentas le tocó a Galileo soportar.[61] No se dice, explícitamente, "Galileo tenía razón".

En esta presentación del eventual triunfo del copernicanismo no hay que dejar de lado a Johannes Kepler, el astrónomo y matemático que en su *Astronomía Nova* (1609) presentó dos de las leyes –las primeras– que llevan su nombre y que describen los movimientos planetarios:

a) La órbita de cada planeta tiene la forma de una elipse con el Sol situado en uno de sus focos.
b) Si se toman intervalos de tiempo iguales, una línea trazada desde el Sol hasta el planeta recorrerá áreas iguales.

La tercera ley es uno de los tantos enunciados de inspiración neopitagórica que aparece en el *Harmonices Mundi* (1619) de Kepler, y establece que:

c) Los cuadrados de los tiempos de revolución de cada dos planetas alrede-

[60] Daba Sobel escribió una recreación de la época y el entorno de Galileo con base en el intercambio epistolar entre éste y su hija Virginia, que al ingresar a un convento como monja clarisa adopta el nombre de sor María Celeste. Murió en 1634, víctima de una disentería. Véase Sobel (1999), *Galileo's Daughter*.

[61] Fantoli, A. (2002), "Galileo and the Catholic Church…", p. 20.

dor del Sol son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol.

Estas tres leyes, se demostraría más adelante, eran equivalentes a la Ley de la Gravitación Universal de Newton, la cual aparecería en los *Philosophiae Naturalis Principia Matematica* (1687), el libro de filosofía natural más importante de los inicios de la época moderna. Kepler no podía haber intuido nada semejante, pues para ello aún faltaba desarrollar un inmenso sistema conceptual y además un igualmente complejo aparato matemático, lo cual, por hacerlo, le mereció a Newton la gloria de ser considerado como poseedor de una de las más grandes mentes científicas que ha producido la humanidad. Al respecto tenemos el homenaje del poeta Alexander Pope, quien a propósito de Newton escribió: "La naturaleza y sus leyes permanecían en la oscuridad, y Dios dijo: '¡Sea Newton!' Y se hizo la luz."[62]

Sobre lo que se pretende poner énfasis en este momento es en el papel central que desempeñaron las matemáticas en el pensamiento kepleriano. Como todo astrónomo de su época, Kepler se enfrascó en una investigación sobre la estructura del cosmos que era fundamentalmente matemática y la consideraba estrechamente vinculada con lo que pensaba era la esencia –el *logos*– del universo. Por ello su enfoque se dirigía hacia la promoción de una especie de física matemática, puesto que el universo era inteligible en términos matemáticos, y en especial era la geometría la que permitía penetrar, aunque fuera de manera superficial, en la mente del creador y por consiguiente en los más profundos recovecos de la filosofía natural. Esta inclinación a suponer que había una estructura geométrica subyacente a la estructura material del universo fue lo que le llevó a concebir una relación entre la dimensión de cada una de las órbitas planetarias con uno y sólo uno, el correspondiente, de los cinco sólidos platónicos o sólidos regulares perfectos.[63] Para llegar a esto debieron desempeñar un papel importante en su mente sus predilecciones teológicas y metafísicas, y una franca concordia con el pitagorismo que había sido reavivado por las corrientes neoplatónicas de las que ya se habló previamente en relación con la tradición mágica.

¿Cómo es que los planetas se movían sobre superficies determinadas como circunscripciones de los sólidos platónicos, si no es porque esto respondiera a un plan divino? ¿No era esto una prueba de la acción de un Dios arquitecto que dotaba a su creación con las simetrías más bellas que proporcionaba la geometría, el lenguaje que unía a nuestra razón con la mente de Dios? ¿Qué mejor manera de mostrar la versatilidad de las matemáticas que por igual unían con el Creador que servían a las artes mecánicas, a la navegación y a la arquitectura? Esto a su vez fortalecía la opinión de que había un componente de carácter práctico en el mundo de las matemáticas, lo cual llevó a que muchos autores, en particular los de nacionalidad inglesa, se constituyeran en

[62] Citado en Fauvel (1988), *Let Newton Be!*

[63] Esta presentación se hace en el *Mysterium Cosmopraphicum* (1596).

practicantes de una nueva matemática que, además de sus obvias ligas con el saber clásico y las beatitudes que se expresaban en las demostraciones 'a la Euclides', también cultivaron una imagen más emparentada con los aspectos prácticos y computacionales que contrastaban con las disciplinas más filosóficas de las filosofías naturales tradicionales. Y sin embargo, esta matemática utilitaria también alcanzó importancia filosófica gracias a los escritos de Francis Bacon[64] en los que proclamaba una nueva organización social fundamentada en el saber y en su utilización para el beneficio material de sus miembros. A este aspecto habría que añadir la nueva capacidad de entender a la naturaleza mediante reglas que, como decía Galileo, estaban escritas en lenguaje matemático: "La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos,... el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra."[65]

BOTÁNICA Y ZOOLOGÍA. LO MARAVILLOSO Y LO CURIOSO

La historia natural en el siglo xv ponía especial énfasis en lo maravilloso y lo que despertaba la curiosidad, sin duda siguiendo la inercia marcada por la *Historia natural* de Plinio y que también influiría en la lectura de las *Cuestiones mecánicas* del pseudo Aristóteles. El descubrimiento de América, el interés que volvían a despertar los escritos biológicos de Aristóteles y sus usos en materia médica hicieron que los herbarios –libros que se ocupaban de las plantas, su aspecto, sus usos, etc.– volvieran a ser foco de atención y su producción se vio incentivada por las posibilidades que ofrecía la imprenta. Además de ya no depender de la maestría del copista para reproducir figuras y colores, pues la imprenta permitía recuperar las imágenes una y otra vez –con la misma fidelidad del original– contenidas en las placas aprobadas por el autor, los costos de producción se reducían y su mercado se amplió hasta hacer de ellos artículos con una gran popularidad.

El más famoso de todos los herbarios antiguos era el de Dioscórides (siglo I d.C.) y fue impreso por primera vez en 1478, reproduciendo las ilustraciones que habían sido parte integral del libro desde su origen. Requeridos por quienes disfrutaban de los jardines y de los adornos florales, los herbarios fomentaron que los artistas y los naturalistas se unieran a las corrientes humanistas que cultivaban el deleite en los productos de la naturaleza por sus virtudes individuales y ya no como alegorías de la obra del Creador. Este amor por la naturaleza se puede apreciar en el suizo Conrad Gesner (1516-1565) –autor de una *Historia de los animales*– cuando escribe sobre el placer de subir a las montañas, y también en

[64] Peter Dear (2001), *Revolutionizing the Sciences*, pp. 57-61.
[65] Galileo (1984), *El ensayador* [1623], p. 61.

el botánico alemán Leonhard Fuchs (1501-1566), quien en su prefacio a la *Historia de las plantas* (1542) señala que para él "no hay nada más placentero en la vida que pasearse en los bosques, las montañas y los valles… adornados con pequeñas flores y plantas con múltiples y elegantes variaciones… y este placer aumenta cuando se conocen las virtudes y los placeres de estas plantas".[66]

La publicación de herbarios fomentó que ilustradores y autores estrecharan sus lazos de colaboración y llegó a suceder que la calidad de la ilustración superaba en información al contenido del texto, como es el caso de Otto Brunfels (1488-1534) y su famoso *Herbarum vivae icones* (*Retratos vivos de las plantas*, 1530), el primer libro en el que las ilustraciones son el elemento esencial del mensaje científico. La palabra *vivae* en el título servía para resaltar que para este libro las imágenes habían sido tomadas en directo, teniendo el artista los ejemplares frente a sí, lo contrario de lo que sucedía antes, cuando simplemente se copiaban las ilustraciones que se venían transmitiendo a través de los libros precedentes. Igual ocurrió con las más de 1500 ilustraciones de plantas, realizadas con todo cuidado y algunas de ellas a color, que Conrad Gesner había acumulado para una *Historia plantarum*.[67] Su muerte, víctima de la plaga, impidió que llevara a término su proyecto.

La popularidad de estos herbarios creció debido a que incluían muchos remedios de la herbolaria para algunas de las enfermedades más comunes, y también, cuando fue el caso, a que su calidad artística hacía de ellos objetos apreciados por los coleccionistas. Entre los herbarios más famosos se encuentran el ya mencionado de Fuchs, y los de Valerius Cordus (1515-1544), Camerarius (1534-1598) y Brunfels (1464-1534) en Alemania; Plantin (1514-1588) y Dodoens (1517-1585) en los Países Bajos; Mattioli (1501-1577) y Alpin (1553-1617) en Italia, y Turner (*c*.1510-1568) y Gerard (1545-1607) en Inglaterra.

Un desarrollo no menos importante fue la 'invención' del *herbarium* (u *hortus siccus*), como se llamó a la colección de plantas secas que se obtenían prensando los especímenes entre hojas de papel. El primer *herbarium* del que se tiene noticia es el del botánico italiano Lucca Ghini (m. 1586), profesor de Bolonia.

La nueva zoología siguió una ruta en cierto modo paralela a la de la botánica, puesto que los textos clásicos tenían características semejantes a los de botánica, y además la fauna que poblaba el continente americano, tan extraño en muchas ocasiones como la misma tierra que habitaba, sólo podía ser dada a conocer en forma extensiva a través de las ilustraciones que cada vez con mayor atención por el detalle o lo genérico eran capaces de producir esa nueva raza de naturalistas que buscaba la verdad observando *in situ* a la naturaleza en lugar de hacerlo interrogando a los autores clásicos. Al igual que sucedía con los filósofos naturales que se interesaban por el movimiento o por la constitución de la

[66] Citado por Boas Hall (1994), *The Scientific Renaissance, 1500-1630*, p. 51.
[67] Hoeniger, F., "How Plants and Animal Were Studied", p. 142.

materia, la fuente del saber consistía ahora en observar directamente a la naturaleza y sobre esta base discurrir sobre ella.

La zoología no gozó en el siglo xvi de la misma popularidad que la botánica, y sólo un puñado de autores escribió textos tan completos como los de botánica, además de que en ciertos casos sus obras se limitaron a describir pequeños grupos de animales. Con una concepción opuesta en cuanto a la cobertura de información, Ulises Aldrovandi (1522-1605), profesor de farmacología en Bolonia, se inscribe en la tradición enciclopedista y dejó una obra que abarca catorce volúmenes publicados y con mucho material adicional que no ha sido editado. Estos libros son de una belleza difícil de superar y muestran un gran cuidado en las clasificaciones que discute. Sin duda su trabajo está en deuda con el de Gesner, el sumario del mundo animal que publicó como *Historia de los animales* (1551-1558). Su sapiencia era tan vasta y profunda que fue calificado como un monstruo de la erudición. Su obra principal es comparable a la *Historia de las plantas* de Fuchs, pero resulta aún más enciclopédica. En ella separa –al igual que Aristóteles– a los animales en aves, peces, insectos, etc. Y a cada uno de los individuos que menciona le agrega los diferentes nombres con que es conocido, su hábitat, fisiología, utilidad, tipo de enfermedades a las que es propenso, etc., citando autoridades clásicas y modernas y dando el crédito que corresponde a sus demás fuentes de información.

La zoología y la botánica tenían en común con la anatomía su dependencia de la ilustración que acompañaba al texto. El avance de la anatomía es lento, casi inexistente hasta el año 1500, pero después habrá una especie de explosión en cuanto a la aparición de escritos con ilustraciones anatómicas. Esto sucede a partir de la publicación en 1543 de la obra de Andrea Vesalio (1514-1564), *De humani corporis fabrica*, cuyo contenido y presentación revolucionará la práctica tanto de la anatomía como de sus representaciones.

Hasta el siglo xv la tendencia en la enseñanza de la medicina era privilegiar la identificación de las enfermedades y la preparación de drogas o brebajes para curar al enfermo. La guía para estas prácticas eran las obras de Galeno (130-200 d.C.) y de Avicena (979-1037). Resulta curioso que no se diera mucha importancia al *De usu partium –Del uso de las partes–* galénico, en el que se discutían las funciones de cada órgano y se describía lo que se ofrece ante la vista a través de una disección.

Históricamente se puede decir que el renacimiento del estudio de la anatomía humana tiene lugar con la aparición de la *Anatomía* de Mondino de Luzzi (1316), quien se ocupa de estas temáticas como respuesta a las necesidades de los cirujanos. Modelado en la tradición médica árabe, se convirtió en el libro de anatomía que se utilizaba en las universidades italianas. Pero con la llegada de gran número de textos griegos provenientes de Constantinopla sucedió en medicina lo mismo que con la astronomía: Galeno, al igual que Ptolomeo, vino a sustituir los textos tradicionales escritos en las épocas oscuras en las que

sólo en el Islam parecía haber cierto progreso. Así sucedió que el lugar del libro de Mondito lo tomaría el *Fascicolo di Medicina* (1493) de Johannes de Ketham. Este libro era un compendio del conocimiento médico que combinaba las tradiciones antiguas y medievales con las innovaciones renacentistas. Ahora es famoso por una de sus ilustraciones que muestra una sesión de disección con el doctor describiendo desde la cátedra las acciones que un cirujano lleva a cabo sobre un cuerpo que yace sobre una mesa. Una escena similar compone el frontispicio del *De fabrica* de Vesalio, y es ésta la que se ha convertido en la imagen viva de la nueva anatomía –su práctica– que propone Vesalio.

Lo que hace al *De fabrica* un texto superior a todos los demás libros de anatomía de su época, además de la calidad artística de sus ilustraciones, es el proyecto global en el que se circunscribe la obra. Al igual que hizo Copérnico, quien modela su *De revolutionibus* en el *Almagesto*, Vesalio sigue en su libro el plan de Galeno en su *De anatomicis administrationibus –De los procedimientos anatómicos–*, aunque de paso critica y corrige las ideas de éste. Pareciera que más que el cuerpo humano el punto de partida de Vesalio fuera Galeno. Al igual que todos los anatomistas de su época, Vesalio no podía sentir que había alcanzado el prestigio que requería si no descubría algo en el cuerpo humano que hubiera escapado al ojo de Galeno, para luego hacer alarde de todas las novedades encontradas. Tal vez lo más importante de su trabajo es la manera en que describe las relaciones entre los órganos, los músculos y demás componentes con el cuerpo humano como un todo. Es fascinante ver cómo lo logra a través de láminas sucesivas, tras ir eliminando capa tras capa del cuerpo y reduciendo la cantidad de huesos o de músculos, que muestran los diferentes niveles de la estructura y sus relaciones.

Cabe hacer notar en este momento la deuda mutua que existe entre la anatomía y las prácticas artísticas de la época. Desde mediados del siglo XV todo taller estaba consciente de que la mejor manera de ilustrar la figura humana era conociendo su anatomía. Reconocían que las expresiones faciales y del cuerpo eran indispensables para transmitir los movimientos de los cuerpos y también los del alma. Sólo el dominio de estos elementos permitiría alcanzar una representación naturalista de objetos o de seres vivos. El ejemplo más notable de este esfuerzo lo encontramos en Leonardo da Vinci (1452-1519).

ARTE Y CIENCIA. LO RACIONAL Y LO UTILITARIO

Entre las imágenes anatómicas previas al siglo XVI y las ilustraciones de Leonardo hay un abismo. Además de sus dotes artísticas poseía una capacidad inusitada para captar los detalles y plasmarlos sobre una superficie de manera que resaltaban más que en el objeto que servía de modelo, y todo ello sin perder su aspecto naturalista. Leonardo desarrolló técnicas que le permitieron, conforme avanzaba en sus co-

nocimientos de anatomía –precarios en sus inicios (1497-1499)– y con miras a escribir un ambicioso libro que titularía *De la figura humana*, alcanzar un dominio del arte de la reproducción anatómica que lo ponía por encima de sus contemporáneos, incluyendo a Miguel Ángel y a Durero.

Fue el primero en utilizar técnicas que bajo el nombre de *sfumato* o de *chiaroscuro* le permitían resaltar las partes significativas de un objeto para mostrarlo como si fuera real. Recurrió a líneas para formar redes o una especie de coordenadas que le ayudaban a mostrar qué parte de una estructura se enlazaba con qué parte de otra que mostraba a su lado. Inventó estrategias que exhibían rincones o partes que de otra manera sería imposible apreciar, como sucede con las imágenes 'desmembradas' en las que, por ejemplo, partes conexas como las vértebras eran mostradas con una pequeña separación, justo lo suficiente para ilustrar las formas y la posición de las partes en la unión. Asimismo, y algo que hoy en día no sorprende, mostró las partes internas del cuerpo, las venas y las arterias, como si estuvieran inmersas en un marco que le servía de referencia y que estaba constituido por un torso con superficie transparente.

Algo por demás ingenioso y que se convirtió en una técnica usual para el ilustrador de anatomía, fue su idea de rellenar los ventrículos del cerebro con cera derretida que una vez enfriada constituía un molde que fácilmente podía ser utilizado como modelo. A pesar de todo esto, y que bien mirado lo presenta como un personaje con una capacidad de observación y de ejecución que opacaba lo que hacían sus contemporáneos, su influencia en generaciones posteriores fue casi nula, básicamente porque todos sus logros permanecieron bajo la forma de notas –es decir, sin que llegaran a ser reproducidas de alguna manera–, ilustraciones o pinturas que, o permanecían con él, o formaban parte de las colecciones de sus patronos o de quienes integraban su círculo social más íntimo.

Por si lo anterior no bastara, Leonardo albergaba otros intereses que lo situaban en las corrientes más ortodoxas de los cambios que ocurrían en el Renacimiento, y uno de ellos era el estudio de la *perspectiva* de los pintores y de sus relaciones con la óptica, la arquitectura y la geometría. Lo que permitió la *perspectiva* fue algo más que representar una escena o un objeto tridimensional sobre una superficie, que es lo que básicamente hacen los pintores al recoger sobre su tela o sobre una pared una escena que se pretende debe ser percibida como si fuera algo real. Según E. Panofsky las obras típicamente medievales proponen un 'espacio agregado', un espacio en el que los objetos se yuxtaponen sin que se tomen en cuenta sus relaciones espaciales. En contraste con ello lo que el Renacimiento ofreció, a través de figuras como las de León Battista Alberti, Piero della Francesca, Paolo Ucello, Leonardo da Vinci, Guidobaldo del Monte, Federico Commandino y demás 'perspectivistas', fue un 'espacio sistema' en el que los objetos ocupan situaciones precisas unos respecto de otros, y se organizan de un modo or-

denado y unitario.[68] Todo esto lo lograban a través de la geometría, y se puede argumentar que los desarrollos a los que esto dio lugar coadyuvaron a la geometrización del espacio que se llevó a cabo entre los siglos XV y XVII. Y como ya es historia, este paso tuvo consecuencias más amplias que simplemente la descripción de hechos del orden matemático.

Según lo argumentan varios autores,[69] esta nueva cultura de la representación en perspectiva llevó a nuevas maneras de contemplar el mundo, de teorizar sobre sus estructuras y de percibir la realidad. Sus consecuencias en los campos de la estética, artillería, cartografía, teología y astronomía, no eran imaginables en los albores del siglo XVI. No obstante, sin ella resulta difícil concebir otra posible historia para la conceptualización de un espacio matematizado, sea al estilo cartesiano o al proyectivo. Sin esto, y sin el desarrollo del álgebra –arte matemático típicamente renacentista, pues en sus inicios participan hombres de muchos saberes como Tartaglia, Cardano y Viète– y de la traducción al latín de *Las cónicas* de Apolonio, la matemática no hubiera alcanzado la madurez para que Descartes, Wallis y Newton construyeran el edificio de las nuevas ciencias.

[68] Existen varios libros en los que se trata la historia y los logros de los 'perspectivistas'. Entre ellos están Edgerton (1975), *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective*; Field (1997), *The Invention of Infinity*.

[69] Véase, por ejemplo, Elkins (1994), *The Poetics of Perspective*, y Smith (1994), *Here I Stand. Perspective from Another Point of View*.

EPÍLOGO

Quede esto no como una historia de las ciencias en la Edad Media y el Renacimiento, sino como una recolección de algunos de los acontecimientos e ideas más relevantes que condujeron –a través de una transformación cultural que abarcó nuevas geografías, nuevas maneras de contemplar y de entender a la naturaleza, y de una adaptación a la tradición religiosa– a que en el crisol del siglo XVI fueran el fermento de la ciencia moderna.

En 1450 un filósofo natural, lo que hoy llamamos un científico, era un erudito, un conocedor de los textos clásicos, o algo cercano a un mago. Para 1630 este filósofo natural se había convertido en un erudito que conocía los nuevos textos y que extraía su saber directamente de la naturaleza, usaba las matemáticas y, en ocasiones, utilizaba todo esto como lo haría una especie de artesano de la ciencia. Y todo sería [idealmente] para beneficio de la humanidad, como diría Francis Bacon.

REFERENCIAS

Aristóteles, *Física* (versión al español de Ute Schmidt), México, UNAM, 2001.

Bennett, J. A., "The 'Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy", en *History of Science*, 1986;24:1-28.

Boas Hall, Marie [1962], *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, Nueva York, Dover Publications, 1994.

Booth, S. E. y A. van Helden, "The Virgin and the Telescope: The Moons of Cigoli

and Galileo", en *Galileo in Context*, J. Renn (ed.), Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

Clagett, Marshall [1959], *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, The University of Wisconsin Press, 1979.

Clegg, Brian, *The First Scientist. A Life of Roger Bacon*, Nueva York, Carroll & Graf Publ., 2003.

Dales, Richard, *The Intellectual Life of Western Europe in the Middle Ages*, Washington, University Press of America, 1980.

Dear, Peter, *Discipline and Experience. The Mathematical Way in the Scientific Revolution*, Chicago, The University of Chicago Press, 1995.

———, *Revolutionizing the Sciences. European Knowledge and its Ambitions, 1500-1700*, Inglaterra, Houndmill, 2001.

Deason, Gary B., "Reformation Theology and the Mechanistic Conception of Nature", en *Lindberg, God and Nature: Historical Encounters*, Berkeley, University of California Press, 1986.

Eamon, William, *Science and the Secrets of Nature*, Princeton, Princeton University Press, 1996.

Edgerton, Samuel Y., *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective*, Nueva York, Basic Books, 1975.

Elkins, James, *The Poetics of Perspective,* Ithaca, Cornell University Press, 1994.

Fantoli, Annibal, *Galileo. For Copernicanism and for the Church*, Vaticano, Vatican Observatory Publications, 1996.

Fauvel, John *et al*. (eds.), *Let Newton Be!,* Nueva York, Oxford, Oxford University Press, 1988.

Field, J. V., *The Invention of Infinity. Mathematics and Art in the Renaissance*, Oxford, Oxford University Press, 1997.

Galileo Galilei, *El Ensayador. Il Saggiatore…* (traducción de J. M. Revuelta), Madrid, Sarpe, 1984.

———, *Sidereus Nuncius or The Sidereal, Messenger* (traducción de A. van Helden), Chicago, Chicago University Press, 1989.

Gilson, Étienne, *Filosofía en la Edad Media* (trad. al español de A. Pacios y S. Caballero), Madrid, Gredos, 1985.

Gingerich, Owen, *The Book Nobody Read. Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus*, Nueva York, Walter and Company, 2004.

Goff Le, Jacques, *Los intelectuales en la Edad Media*, Barcelona, Impresora Gráfica, 1986.

——— [1964], *Medieval Civilization*, Oxford, Blackwell, 1988.

Grant, Edward, *God and Reason in the Middle Ages*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

———, *A History of Natural Philosophy. From the Ancient World to the Nineteenth Century*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

Guille, Bertrand, *Les ingénieurs de la Renaissance*, París, Hermann, 1964.

Heilbron, J. L., *The Sun in the Church. Cathedrals as Solar Observatories*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1999.

Hoeniger, F. David., "How Plants and Animals Were Studied in the Mid-Sixteenth Century", en Hoeniger y Shirley (eds.), *Science and the Arts in the Renaissance*, Cranbury, Nueva Jersey, University Associated Presses, 1985.

Hooykaas, R., *Religion and the Rise of Modern Science*, Edinburgh, Scottish Academic Press, 1977.

Kearney, Hugh, *Science and Change, 1500-1700*, Nueva York, MacGraw-Hill, 1974.

Lear, Jonathan, Aristotle: The Desire to Understand, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

Lenoble, Robert [1943], *Mersenne ou la naissance du mechanism*, París, J. Vrin, 1971.

Lovejoy, Arthur O. [1936], *The Great Chain of Being. The History of an Idea*, Harvard, Harvard University Press, 1976.

Lowry, Martin, *The World of Aldus Manutius: Bussiness and Scholarship in Renaissance Venice*, Ithaca, Cornell University Press, 1991.

McCarthy, Mary [1959], *The Stones of Florence*, Nueva York, Harcourt Brace Jovanovitch, Publ., 1987.

Murdoch, J. y Sylla, E., "The Science of Motion", en Linberg, D. (ed.), *Science in the Middle Ages*, Chicago, The University of Chicago Press, 1978, pp. 206-264.

Naess, Atle, *Galileo Galilei. When the World Stood Still*, Berlín, Springer, 2005.

Nenci, Elio, *Bernardino Baldi. Le vite de´matematici*, Milán, Franco Angeli, 2007.

Piltz, Anders, *The World of Medieval Learning*, Southampton, The Camelot Press, 1981.

Rose, P. L. y Drake, S., "The Pseudo-Aristotelian Questions on Mechanics", en *Studies in the Renaissance,* 1971;18;65-104.

Smith, N. K., *Here I Stand. Perspective from Another Point of View*, Nueva York, Columbia University Press, 1994.

Sobel, Dava, *Galileo's Daughter*, Londres, Fourth State, 1999.

Southern, R. W., *Saint Anselm and his Biographer. A Study of Monastic Life and Thought, 1059-c. 1130*, Cambridge, Cambridge University Press, 1963.

Steele, B. y T. Dorland, *The Heirs of Archimedes: Science and the Art of War Through the Age of Enlightenmen*t, Cambridge, Mass., The MIT Press, 2005.

Tartaglia, N., *La nueva ciencia* (edición, estudio introductorio y trad. de R. Martínez E. y J. César Guevara), México, Facultad de Ciencias, UNAM, 1998 (Colección Mathema).

White, Lynn, Jr., *Medieval Technology and Social Change*, Londres, Oxford University Press, 1962.

Wolfe, Jessica, *Humanism, Machinery and Renaissance Literature*, Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

Yates, Frances A., *Giordano Bruno y la tradición hermética*, Barcelona, Ariel, 1983. [edición en inglés: Routledge, 1964.]

CAPÍTULO 5

LA FÁBRICA CARTESIANA DEL MUNDO: UN PASEO POR LOS JARDINES DE VERSALLES

JUAN ANTONIO VALOR YÉBENES

LOS ENCANTOS DE LA NATURALEZA EN LOS JARDINES DE VERSALLES

En 1624, Luis XIII manda construir en Versalles, cerca de París, un pequeño palacio de caza. En 1631 es agrandado hasta convertirlo en un edificio de tres alas, y hacia 1668 Luis XIV inicia un complejo proceso de ampliación.

Para ello convoca a Le Vau, Le Braun y Le Nôtre, artistas que habían trabajado en el palacio de Vaux-le-Viconte, propiedad de Nicolas Fouquet, ministro de finanzas del rey.

El encargado de proyectar y ejecutar los jardines fue, en un primer momento, André Le Nôtre, el cual venía trabajando desde 1662 en la creación de los parterres y los bosquetes. Le Nôtre procedía de una familia de jardineros y su padre ocupaba el puesto de *jardinier en chef du roi*. A los jardineros franceses les entusiasmaban las ideas que había conseguido plasmar la jardinería italiana, e influyó decisivamente en ellos el patio del Belvedere del Vaticano, el jardín Tívoli de la Villa d 'Este y la Villa Borghese de Roma.

El patio del Belvedere del Vaticano unía, a lo largo de trescientos metros, el palacio pontifical y la villa, situada en un plano más elevado. El papa Julio II quería armonizar ambos conjuntos y con este fin construye un jardín con rampas, terrazas y escalinatas. Pirro Ligorio aprovecha estas soluciones arquitectónicas cuando el cardenal Ippolito II d'Este le manda construir un jardín para armonizar el palacio cardenalicio con la vertiente de la colina que cae desde el palacio. Tanto en el Belvedere como en el Tívoli los jardines se planifican en función de los palacios que se han construido previamente, por lo que el arquitecto o el jardinero se encuentran con un marco restringido que determina el diseño. Sin embargo, no por ello se abandona el objetivo en el que coincidían tanto la *Arcadia* de Jacopo Sannazaro como *El cicerone* de Jacob Burckhardt, a saber: que el jardín ponga de manifiesto los encantos de la naturaleza con el fin de reposar el ánimo ofuscado por las intrigas de la ciudad.

Lo interesante de la Villa Borghese es que el jardín se independiza del conjunto arquitectónico previo. El cardenal Scipio Borghese insiste en la necesidad de prescindir de rampas y escaleras diseñadas en función de un edificio previamente cons-

truido. De esta forma el jardín se convierte en una obra valiosa por sí misma, con un discurso propio que debe responder exclusivamente al interés del artista.

Le Nôtre había aplicado estas ideas en Vaux-le-Viconte y las vuelve a utilizar cuando proyecta los jardines de Versalles. Sus jardines mantienen una estricta configuración geométrica, y son por ello fácilmente distinguibles de los jardines ingleses de la época. Éstos se caracterizan por una configuración basada en escenas pastorales, recurso utilizado por los artistas ingleses porque entienden que de esta manera se explicita lo propio de la naturaleza, que es su libre desenvolvimiento. Desde este punto de vista cualquier determinación geométrica o arquitectónica se considera una imposición a la naturaleza que enmascara, desfigura y finalmente oculta lo que propiamente la define. Sin embargo, éste no es el punto de vista de Le Nôtre, para el cual la configuración geométrica no se impone a la naturaleza obligándola a seguir las trayectorias previamente determinadas por el artista, sino que ocurre justamente lo contrario: es la configuración geométrica lo que permite sacar a la luz todo el encanto de una naturaleza en su máximo esplendor.

CONTINGENCIA Y NECESIDAD EN LA REPRESENTACIÓN TEATRAL

Ha sido difícil y contradictoria la aproximación al arte barroco. En el siglo XVIII ya se entendía como un arte extravagante, excesivo, grotesco, propio de un siglo decadente.

Algunos presentan el siglo XVII como un periodo de depresión generalizada, y hay argumentos para ello. Ciertamente en Francia aumenta la riqueza de forma continua entre 1600 y 1640, debido en gran parte al crecimiento de la producción textil y la construcción. En la década de los treinta se superan todos los índices de producción textil, y en cuanto a la construcción, París, junto con otras grandes capitales europeas, sufre la transformación más radical de su historia, puesto que se consigue sustituir una ciudad de madera por una ciudad de piedra. Sin embargo, el siglo encadena varios ciclos depresivos: debido a anomalías climáticas hay malas cosechas, surge el hambre, ello obliga a consumir buena parte de las reservas y las siembras se reducen. Se califican como periodos negros los que van de 1629 a 1630, de 1648 a 1651 y de 1660 a 1661. Además, la producción de lana veneciana baja 1% anual entre 1600 y 1660, y 30% más hasta 1700, la moneda se devalúa 45% en el reinado de Luis XIV, la guerra de los Treinta Años reduce la población al 35% de algunas ciudades, y el poder adquisitivo del obrero de la construcción disminuye de tal manera que en 1700 sólo puede comprar 20% de lo que podía comprar en 1450.

Sobre este fondo se ha ido dibujando hasta bien entrado el siglo XX la figura del barroco como un arte sin sustancia, vacío más allá de la riqueza y la multiplicidad de sus conjuntos, como un mero juego de los sentidos cuyo único fin es el de hacer olvidar al espectador la tragedia de su existencia. Pero han aparecido en la década

de los ochenta y las noventa obras que reivindican otra perspectiva, presentada por algunos autores como propuesta alternativa y por otros como propuesta a las concepciones tradicionales. Se trata ahora de entender que, para el barroco, el mundo es un teatro.

Rolf Toman comienza su estudio sobre la arquitectura, escultura y pintura barroca de la siguiente manera:

> Nadie ha caracterizado con más acierto el sentimiento vital del barroco que el dramaturgo español Calderón de la Barca. En su obra alegórica *El gran teatro del mundo,* estrenada en 1645, trasladó a su tiempo el viejo tópico del "mundo, un teatro": los hombres actúan como actores en presencia de Dios Padre y de la corte celestial; la obra que interpretan es su propia vida y el escenario es el mundo.[1]

La representación teatral desborda en el siglo XVII los límites de un escenario determinado para la actuación. Todo es un inmenso escenario: los palacios, donde los cortesanos siguen estrictas pautas ceremoniales a las horas en que el rey se levanta y se acuesta, en las comidas, en las recepciones y en los paseos por el jardín; la ciudad, que celebra las fiestas con una coreografía establecida en la que no pueden faltar la ópera, el ballet y los fuegos artificiales; las calles, que se embellecen para las ferias anuales, para el paso de las procesiones y para el teatro de los comediantes.

Dentro de los palacios hay un espacio especialmente dotado para la representación: es la escalera ceremonial. En la primera parte del recorrido por el palacio de Versalles nos encontramos con la más importante escalera ceremonial del barroco, con la Escalier des Ambassadeurs. Quizá sea el elemento más significativo del palacio, porque fue diseñada como un magnífico escenario donde los visitantes se encontraban, al subir, con el rey, que bajaba a su encuentro.

En la escalera aparece representada la escena en una luz particular, propia, que recorta, define, realza el hecho y lo sitúa en el primer plano de la atención del espectador. No hay una luz universal que gradúa la perspectiva, sino que, como en *La conversión de San Pablo* de Caravaggio o en el *Éxtasis de Santa Teresa* de Bernini, un golpe de luz llega desde arriba y apresa el instante breve, efímero, en un plano aislado. El fondo retrocede hasta el infinito y se pierde de vista. No hay un relato, no se hilvanan episodios para narrar una historia, sino que lo único que aparece, lo único que viene a la luz, es un hecho, sin pasado y sin futuro, cristalizado en el presente.

Ha sido habitual hasta los años ochenta decir que de esta manera el barroco trata de poner de manifiesto la contingencia de lo presente (de la vida, de las riquezas, del poder o de la fama, en el caso de Calderón de la Barca). Sin embargo, no hay nada de contingente en el hecho de que Luis XIV recorra la Escalier des Ambassadeurs en la

[1] R. Toman, *El barroco. Arquitectura, escultura, pintura,* Colonia, Könemann, 1997, p. 7.

dirección en que lo hace. Todo lo contrario; se trata de invitar al espectador a que reconozca la necesidad del hecho analizando cuidadosamente su figura, su composición y finalmente su estructura. Aquí el hecho es que el soberano, ataviado con ropas resplandecientes, baja en armonía al encuentro de su pueblo. Lo que el público debe reconocer en la escena es el origen divino de su majestad, la llegada de la edad de oro que describía Virgilio en su *Bucólica,* la conquista del estado utópico que Tommaso Campanella buscaba en *Cilta del sole.*

Jean Castex subraya esta característica del arte barroco a propósito de la obra de Caravaggio y la resume diciendo que "ha terminado el tiempo de los esquemas... dados *a priori:* habrá que aprender a razonar... *a posteriori*".[2] Ahora ya no se trata de representar una serie de acontecimientos y poner de manifiesto la cadena lógica que los conecta causalmente a lo largo de la historia, porque el hombre barroco sabe que no conoce de antemano esa lógica interna de desarrollo. De lo que sí tiene conocimiento es del momento, del hecho instantáneo, que es lo que se representa en la escalera para que el espectador reconozca que no es gratuito, sino que se levanta sobre una estructura interna que es posible descubrir en el hecho cuando se atiende a él cuidadosamente.

LA MACHINE DE MARLY

Situado entre dos colinas suavemente onduladas al norte y al sur, Versalles se orienta al este. Desde el palacio se abren paso las avenidas en forma de rayos, como si se tratara de simbolizar un nuevo orden en el mundo de Luis XIV. Se distinguen tres zonas: la primera se denomina actualmente Petit Parc, y es el parque proyectado por Jacques Boyceau en el reinado de Luis XIII. Se trata de noventa y tres hectáreas que llegan hasta la avenida transversal, donde se encuentra el estanque de Apolo. La segunda zona es diez veces mayor; actualmente se denomina Grand Parc, y se utilizaba para la caza al blanco. La caza de montería se practicaba en la tercera zona, que es el antiguo Grand Parc, coto de nueve mil quinientas hectáreas que incluía las aldeas de Saint Cyr, Rennemoulin o Marly.

Para Le Nôtre el orden y el desorden formaban parte del mismo todo que era la naturaleza, y el trabajo del estudioso consistía en entender el lugar del desorden en el orden imperante del conjunto. Por esta razón se recreaba en el Petit Parc proyectando caminos serpenteantes entre arroyuelos. Pero en 1684 el arquitecto Jules Hardouin-Mansart recibió la orden de alinear los caminos, especialmente en el Bosquet des Sources, que Le Nôtre había terminado cinco años antes. La configuración del jardín cambió. Se buscó una separación más clara entre la arquitectura edificada y la arquitectura vegetal, se eliminaron los muros de contención de piedra y se sustituyeron por taludes de césped, y

[2] J. Castex, *Renacimiento, barroco y clasicismo: historia de la arquitectura, 1420-1720,* Madrid, Akal, 1994, p. 239.

también de césped fueron sembradas amplias superficies.

Con todo ello se agravó el problema del suministro del agua tanto a las plantas como a los estanques y a las fuentes. La estación de bombeo por tracción animal que se había construido en 1664 en el estanque de Clagny era insuficiente; también lo era el depósito de Le Vau, los molinos de viento construidos para impulsar el bombeo, las torres de agua levantadas en los estanques y las superficies pantanosas de los alrededores de Versalles. Con el fin de resolver el asunto de manera definitiva en 1685 se construyó en Marly la famosa Machine de Marly, un sistema de bombeo formado por 287 bombas que hacía llegar el agua desde el Sena hasta Versalles, atravesando la colina por medio de un acueducto. Actualmente la máquina está destruida, pero se puede reconocer la sofisticación técnica del conjunto en el óleo de Pierre Denis Martin del año 1724, el cual se guarda en el Musée-Promenade de Marly.

El sistema de riego de Versalles se completaba con un circuito semicerrado de doscientos kilómetros, diseñado con alta precisión, formado por galerías, acequias, pozos, acueductos, bombas y depósitos sobre tierra y bajo la superficie.

DESCARTES Y EL BARROCO

Sin ánimo de hacer un análisis riguroso del arte barroco, quiero poner de manifiesto tres características que se recogen ejemplarmente en el palacio de Versalles. Se trata de un mero recurso explicativo que nos ayudará a dar cuenta de la concepción cartesiana de la naturaleza.

En primer lugar señalaba que la configuración geométrica de los jardines de Versalles no se entiende como una imposición al libre desenvolvimiento de la naturaleza sino que, por el contrario, se utiliza con el fin de poner de manifiesto la regularidad de la naturaleza y tomar clara conciencia de todo su esplendor. Desde este punto de vista el jardín pastoral inglés tiene algo de irrelevante, precisamente porque se deleita en la pluralidad de lo inmediatamente dado y no da cuenta de su unidad.

Intentaré mostrar que Descartes, como Le Nôtre, insiste, tanto en las *Reglas* como más tarde en las *Meditaciones,* en que el conocimiento de la pluralidad de lo inmediatamente dado es, cuando menos, incompleto y frecuentemente falso, porque pasa por alto la unidad geométrica que vertebra dicha pluralidad.

Señalaba, en segundo lugar, que el barroco utiliza la representación teatral no sólo para afirmar la contingencia de lo presente, sino sobre todo para dar cuenta del orden implícito. Y lo más relevante es que tanto en la arquitectura como en la pintura y en las esculturas barrocas se insiste en que es posible reconocer el orden necesario en el hecho presente, aunque éste sea fugaz y cambiante. El conocimiento del orden se obtiene a partir del conocimiento inmediato de la pluralidad concreta que aparece. Por ello afirma Castex que no es un conocimiento *a priori,* es decir, que se pueda obtener con independencia de la

experiencia, sino un conocimiento *a posteriori*.

También Descartes insiste en los textos citados en que hay que poner de manifiesto el orden geométrico de la naturaleza, puesto que ni de antemano ni de un modo sensible tenemos conocimiento de ello. Esto es así porque el hombre no ha asistido al proceso de creación de la naturaleza. Sin embargo, tiene la capacidad de atender a la pluralidad presente y de llegar a reconocer en ella no sólo lo que tiene de contingente, sino la necesidad geométrica implícita.

En tercer lugar he hecho una referencia a la Machine de Marly para destacar, por un lado, el sometimiento que se hace de la naturaleza con el fin de solucionar problemas prácticos concretos, y por otro lado, el avance tecnológico de la época. Descartes contribuyó a lanzar el programa moderno de búsqueda de las estructuras internas que articulan la naturaleza no sólo por afán de conocimiento, sino también con la idea de intervenir en dicha estructura para poner la naturaleza al servicio de los fines humanos.

EL NUEVO SISTEMA FÍSICO DE *EL MUNDO*

Descartes muere en 1650 a la edad de cincuenta y cuatro años. Es un hombre del barroco, y no sólo por haber vivido en el siglo XVII, sino porque su obra se hace cargo de los asuntos y las propuestas que definen esta época.

En abril de 1629 llega a Holanda y se instala en Frise, huyendo de la fama y de sus compañías de París. En noviembre de ese mismo año comienza a escribir su primera gran obra física, *El mundo o el tratado de la luz*. En ella quiere dar cumplida explicación, según declara él mismo a Mersenne, no sólo de un fenómeno, sino de todos los fenómenos de la naturaleza.[3] La ejecución de la obra no le resulta fácil y trabaja en ella de forma discontinua, obligado más por la promesa hecha a Mersenne que por interés en el tema, hasta julio de 1633. En noviembre de ese mismo año Descartes tiene noticia de la condena de Galileo. A finales de mes envía una carta a Mersenne en la que le expresa su sorpresa por la condena y declara que si el movimiento de la Tierra es falso, entonces todos los fundamentos de su filosofía también son falsos, razón por la cual no publicará la obra.[4] No sabemos si ésta fue en verdad la causa o si más bien fue una buena excusa para evitar la polémica que pudiera surgir tras la publicación. Sea como fuere, lo cierto es que no se publicó hasta 1664, catorce años después de la muerte de Descartes.

En el proyecto inicial la obra contenía tres partes: la primera debía tratar de los seres inanimados, la segunda de la generación de los animales y la tercera del cuerpo humano. En junio de 1632 renuncia a escribir la segunda parte y afirma haber terminado la primera parte. En el manus-

[3] AT, I, 136-137. Nos referimos a la edición de las obras completas de Descartes realizada por Ch. Adam y P. Tannery. El primer número (en numeración romana) indica el tomo y el segundo la página.
[4] AT, I, 270-271.

crito original ésta constaba de diecisiete capítulos, y lo referente al cuerpo humano aparecía en el capítulo dieciocho. Actualmente los quince primeros capítulos son los que se publican bajo el título *El mundo o el tratado de la luz*. Los capítulos dieciséis y diecisiete o bien se perdieron o bien los destruyó Descartes. El capítulo dieciocho se publica por primera vez en 1677, en edición conjunta con *El mundo*, bajo el título *Tratado del hombre*.

El objetivo de *El mundo* es explicar la naturaleza de las cosas materiales. Si al título se le añade *tratado de la luz* es porque también se trata de explicar la naturaleza de la luz y comprender que ésta depende de la naturaleza de las cosas materiales.

La crítica recurrente de Descartes a Galileo, tal como se aprecia, por ejemplo, en la carta a Mersenne del 11 de octubre de 1638, es que éste se preocupa por resolver determinados problemas físicos, pero en ningún momento ofrece un sistema que explicite las causas primeras de la naturaleza.[5] En este sistema general las soluciones a los problemas físicos concretos aparecerían como corolarios. Por consiguiente, la tarea que se propone Descartes es de envergadura, porque quiere elaborar una física general que reemplace a la existente hasta el momento, que es, con algunas correcciones, la de Aristóteles.

El mundo comienza haciendo una distinción entre las ideas en nuestro pensamiento y las cosas que las producen. Nos encontramos, por tanto, con una crítica del conocimiento sensible, pero elaborada con argumentos distintos de los utilizados en las *Meditaciones* y en *Los principios* (recordemos que aquéllas fueron escritas en 1641 y éstos en 1644). El argumento utilizado en *El mundo* es que las ideas son meros signos, y de la misma manera que entre un signo y su referencia no tiene por qué haber ninguna semejanza, tampoco hay razón para suponer semejanza alguna entre las ideas y los objetos por ellas referidos.[6] No hay ninguna semejanza entre la idea de cosquilleo y la pluma sobre los labios de un niño, entre la idea de dolor y la hebilla que aprieta, o entre la idea de luz y calor y las acciones físicas en los cuerpos.

Puestas así las cosas, Descartes analiza en el capítulo segundo en qué consiste, atendiendo no a las ideas sino a la naturaleza de la materia, la luz y el calor. La conclusión es que estos fenómenos son efectos producidos por los movimientos más o menos rápidos y violentos de pequeñas partes de la llama. Comienza de esta manera a elaborarse una física mecanicista, la cual se presenta como un nuevo sistema explicativo del mundo. Una física que se levanta sobre el principio de que los fenómenos naturales que observamos no son más que efectos producidos por el movimiento de las partes de la materia.

Así, en los capítulos tercero y cuarto explica que la diferencia entre los cuerpos sólidos, los líquidos y el aire no tiene que ver, tal como afirma la física aristotélica, con cualidades y formas, sino con el tamaño y

[5] AT, III, 380.

[6] AT, XI, 4.

la agitación de las partes de la materia, y en el capítulo quinto se concluye que los cuatro elementos de la física aristotélica se pueden reducir a tres, en función del tamaño y del movimiento de sus partes componentes: el elemento del fuego, o primer elemento, está compuesto de las partes menores y con mayor movimiento; el elemento del aire, o segundo elemento, está compuesto de partes de tamaño intermedio que tienen velocidades intermedias; y el elemento de la tierra, o tercer elemento, es el que está compuesto de las partes con mayor tamaño y con movimiento más lento.

Con esto lo que Descartes está haciendo es explicitar la base ontológica de su mecanicismo. La materia ya no se entiende, como hacía Aristóteles, en función de distintas naturalezas, la heterogeneidad observada no se debe a una pluralidad de principios sino a una íntima unidad, que consiste justamente en una materia homogénea fracturada en partes con distinto tamaño y movimiento.

Si se mantiene el principio ontológico de que hay una unidad de lo real más allá de la abigarrada pluralidad de lo presente a los sentidos, entonces hay que concluir que, cuando nos atenemos al conocimiento sensible, no es posible el acceso a la unidad buscada, puesto que éste no nos ofrece nada más que pluralidad. De ahí que Descartes comience *El mundo* con una crítica al conocimiento sensible, afirmando que lo inmediatamente presente, es decir, las ideas, son signos que pueden no tener nada que ver con la materia homogénea fracturada y en movimiento que compone el mundo.

Ahora bien: si la pluralidad presente a los sentidos fuera nada más que signos por completo arbitrarios que no tuvieran nada que ver, absolutamente nada que ver, con esa materia homogénea, entonces, ¿cómo podría saber el hombre de ella si se encuentra encerrado, desde que nace, en aquella pluralidad? Dicho de otro modo: si no existiera ningún tipo de relación entre los signos y la unidad ontológica más allá de los signos, y dado que estamos continuamente en presencia de signos, habría una desconexión tal entre éstos y aquélla que no existiría ni puerta, ni camino, ni puente que nos permitiese salir del mundo de los signos. Quizá ni podríamos preguntamos qué hay más allá del mundo sensible si su impermeabilidad fuera completa.

Pero Descartes no dice esto. Estrictamente lo que afirma es que no hay semejanza entre los signos y lo situado más allá de ellos, pero sí algún tipo de relación, aunque no sea de semejanza. La relación está explicitada en el nuevo principio físico que propone, y consiste en que lo inmediatamente observado, la pluralidad presente, los signos, son efectos de aquella materia homogénea en movimiento.

La ciencia moderna ha defendido, y por eso se ha caracterizado, el principio ontológico de la unidad de lo real. En lo que no ha habido acuerdo es en la manera de entender la relación efectiva entre unidad y pluralidad. Por lo pronto Descartes insiste en el capítulo séptimo que esa relación queda determinada por las leyes de la naturaleza. Es decir: los efectos del movimiento de las partes de la materia no son al azar, sino

que están regulados, siguen cierto orden. Y éste se puede reconocer cuando atendemos aquello que se presenta ante los sentidos. De tal manera que para tomar conciencia de las leyes no hace falta abandonar la pluralidad; esto es imposible para el conocimiento humano. Lo que hay que hacer es atender esa pluralidad sin dispersarse en ella, sino intentando reconocer su orden.

En este punto Descartes es un hombre del barroco. Lo es porque, como Caravaggio o Bernini, no se limita a ofrecer una mera descripción de la representación, del signo, de la pluralidad, sino que pretende dar cuenta, a través de ella, del orden implícito, de las leyes que la vertebran. Como el ser humano no ha asistido a la creación del mundo ni puede salir de él para mirarlo desde el ojo del creador, el conocimiento de esas leyes no puede ser *a priori,* sino *a posteriori,* es decir, un conocimiento que parte de la pluralidad presente pero que busca su unidad interna.

LA CONCEPCIÓN DE LA MATERIA

El nuevo sistema físico exige una materia homogénea fracturada y en movimiento. Pero aún no sabemos en qué consiste esta homogeneidad. Al final del sexto capítulo de *El mundo* Descartes insiste en distinguir la noción de materia que él maneja de la materia primera de los escolásticos. Al hablar de homogeneidad no se refiere a la potencialidad de todo ente para venir a ser esto que precisamente es. Ellos (los escolásticos) "no deben tampoco encontrar extraño que yo suponga que la cantidad de materia que he descrito no difiere más de su sustancia de lo que el número difiere de las cosas numeradas, y que conciba su extensión o la propiedad que tiene de ocupar espacio no como un accidente, sino como su verdadera forma y su esencia".[7]

Los principios de filosofía fueron publicados en 1644. Parece que es una obra escrita para la enseñanza; de hecho Descartes se la dedicó a su discípula y amiga la princesa Isabel de Bohemia. En ella encontramos expresiones más claras al respecto. Por ejemplo, el cuarto parágrafo se titula "La naturaleza del cuerpo no consiste ni en el peso, ni en la dureza, ni en el color, ni en nada similar, sino sólo en la extensión".[8] Y en el mismo parágrafo dice:

> Su naturaleza no consiste en la dureza *que algunas veces sentimos con ocasión* de su presencia, ni tampoco en el peso, color u otras cualidades de este género, pues si *examinamos* un cuerpo cualquiera, *podemos pensar* que no posee estas cualidades y, sin embargo, *clara y distintamente conocemos* que tiene todo aquello que le constituye como cuerpo *con tal de que sea extenso en longitud, anchura y profundidad.* Así pues, se sigue que, *para ser,* no tiene necesidad de ellas en forma alguna, *y que su naturaleza consiste sólo en que es una sustancia que posee extensión.*[9]

[7] R. Descartes, *El mundo o el tratado de la luz,* Madrid, Alianza Editorial, 1991, p. 105.
[8] AT, VIII, 42.
[9] R. Descartes, *Los principios de filosofía,* Madrid, Alianza Editorial, 1995, p. 74.

Por consiguiente, la esencia de los entes materiales, aquello en lo que consisten, aquello que los caracteriza precisamente como entes materiales y no de otro tipo, es la extensión, su extensión geométrica. Por ejemplo, el pensamiento, el recuerdo, la libertad, la justicia, etc., no son entidades materiales, y no lo son porque no son extensas. De entre todo lo presente calificamos algo como material si, y sólo si, es extenso y dado que la extensión es una, que la geometría no distingue en ella clases porque no hay nada que distinguir, la materia es homogénea.

Situados en el siglo xxi la pregunta que surge de manera inmediata es: ¿qué tienen que ver los cuerpos físicos, a los que encontramos puestos ahí y les atribuimos una existencia independiente de nuestro conocimiento, con la extensión geométrica, que depende de cierto proceder de la mente?, ¿en virtud de qué algo estrictamente matemático como la extensión se considera que es aquello en lo que consiste la naturaleza de los cuerpos físicos?; o dicho de otro modo: ¿qué tiene que ver la geometría con la naturaleza?

La pregunta es fácil de comprender para nosotros, pero no tiene sentido para Descartes. No lo tiene porque nuestra pregunta supone que hay dos mundos, el mundo de la naturaleza y el mundo de las matemáticas, y que por alguna razón no explicitada Descartes ha hecho depender ontológicamente el primero del segundo. Pero es que no hay dos mundos, sino uno. Por tanto, no se trata de salir de la pluralidad presente y de reconocer una nueva región del ser, la geometría, de la cual depende aquélla. Por el contrario, sólo hay una región del ser, a saber, el mundo en el que vivimos cotidianamente, y lo interesante es que podemos reconocer en él la estructura geométrica que lo articula.

Descartes entiende, como Le Nôtre, que la geometría no es una mera construcción mental que se impone a la naturaleza convirtiéndola en algo que no es, sino que, por el contrario, se trata de la íntima articulación que hace de ella un todo ordenado. Quien no toma conciencia de ello no sabe reconocer la naturaleza en su totalidad, en su máximo esplendor.

No encontraremos en *El mundo* argumentos a favor de esta posición. Desde este punto de vista la obra adquiere cierto aire dogmático. Pero esto es así porque los argumentos ya los ha expuesto Descartes en una obra anterior, en *Las reglas para la dirección del ingenio.*

LA ESTRUCTURA GEOMÉTRICA DEL MUNDO

Poco antes de su viaje a Holanda en 1628, Descartes redactó parcialmente las *Reglas.* Trabajó en la obra durante los tres años y medio que vivió en París tras volver de su viaje por Italia, pero no la terminó nunca. La parte escrita se publicó por primera vez en una traducción holandesa en 1684, y la versión original no se publicó hasta 1701. No obstante, circulaban copias manuscritas; sabemos que Leibniz había comprado una de estas copias.

En la segunda parte de la regla xii resume Descartes lo explicado diciendo que

"ningún camino se abre a los hombres para el conocimiento de la verdad aparte de la intuición evidente y de la deducción necesaria".[10] En la regla III ya se había referido a dos vías para llegar al conocimiento de las cosas sin temor al error: éstas son la intuición y la inducción (término que emplea en el mismo sentido de *deducción).* A propósito de la intuición afirma lo siguiente: "Entiendo por intuición no el testimonio fluctuante de los sentidos, o el juicio falaz de una imaginación que compone mal, sino la concepción de una mente pura y atenta tan fácil y distinta, que en absoluto quede duda alguna sobre aquello que entendemos".[11]

La intuición es presencia inmediata, presencia más allá de la cual no se puede ir. Pero no es presencia sensible, sino presencia en el espíritu, en el entendimiento o en la imaginación. Es decir, lo presente en este caso no aparece ante los sentidos; tiene otra naturaleza, se manifiesta de otra manera. Descartes le da el nombre de "cosas simples" o "naturalezas simples".[12]

Su presencia inmediata se caracteriza, a diferencia de lo que ocurre con el conocimiento sensible, por ser clara y distinta. La claridad y la distinción son precisamente los rasgos del conocimiento absolutamente cierto e indudable. Que las naturalezas simples son claras significa que su presencia es total, que ya no es posible encontrar un grado mayor de manifestación, de tal manera que aparecen como son; que son distintas quiere decir que están tan separadas de otras, tan nítidamente recortadas, que no hay posibilidad de confusión. La definición de estos conceptos no se hace explícita ni en las *Reglas* ni en *El mundo,* pero sí en los parágrafos 45 y 46 de la primera parte de *Los principios.*

La extensión, la figura, el movimiento, el conocimiento, la duda, la ignorancia, la volición, la existencia, la unidad, la duración, etc., son naturalezas simples. Pero unas se atribuyen a los cuerpos, otras al espíritu y otras se atribuyen indistintamente a las cosas corporales y a las espirituales. Descartes las denomina naturalezas simples *puramente materiales, puramente intelectuales* y *comunes* respectivamente. La extensión es una naturaleza simple puramente material.

En la regla XIV Descartes insiste en no separar la extensión del sujeto mismo al que se atribuye la extensión mediante la imaginación. Es decir, la extensión no es un ente separado ontológicamente de los cuerpos. Lo que ocurre es que en el cuerpo, una vez que se ha llevado a la imaginación, es posible reconocer inmediatamente y sin necesidad de explicación alguna –esto es intuir– que precisamente por el hecho de ser cuerpo, y no otra cosa, tiene longitud, anchura y profundidad, o dicho de otra manera, extensión.

Al comienzo de la regla XII se explica que todo ello requiere no permanecer pasivamente en la experiencia sensible, en el testimonio presente de los sentidos, sino atender a la figura del cuerpo que se traza,

[10] R. Descartes, *Reglas para la dirección del espíritu,* Madrid, Alianza Editorial, 1989, p. 131.
[11] *Ibid.,* p. 75.
[12] *Ibid.,* pp. 123-125.

mediante el sentido común, en la fantasía o imaginación.[13] De la misma manera que cuando escribimos no sólo es puesta en movimiento la parte inferior de la pluma, sino toda la pluma, con el movimiento de los sentidos se mueve la totalidad del espíritu, y también la imaginación. El hombre posee la libertad de atender sólo a lo dado a la experiencia sensible, y en este caso no tomará conciencia más que de la pluralidad manifiesta en los cuerpos: su color, su solidez, su peso, su textura, etc. Pero puede también cambiar su mirada y atender a lo dado en la imaginación. En este caso hay una intuición clara y distinta de aquello en lo que consiste no este cuerpo en particular, sino todos los cuerpos por el hecho de serlo; hay una intuición de la extensión.

Por consiguiente, la extensión no es un ente ontológicamente independiente del cuerpo extenso, sino que es aquello en lo que consiste el cuerpo. Ahora bien, se puede tomar la extensión con independencia de los cuerpos. Es lo que hacen los geómetras. En este caso al término *extensión* no le corresponde ninguna idea en la fantasía que a su vez dependa de la experiencia sensible, sino que se trata de un ente abstracto separado de la imaginación por el entendimiento puro.[14] Es posible decir cosas tales como que la extensión no es el cuerpo, pero sólo cuando prescindimos de la imaginación, es decir, cuando nos referimos a la extensión considerada de forma abstracta.

Es lo mismo que ocurre con los números. Éstos no son entes independientes ontológicamente de las cosas numeradas, sino que son intuidos en las cosas una vez que tenemos la experiencia sensible de ellas y nos atenemos a cierta unidad presente en la pluralidad manifiesta. Podemos, como hacen los matemáticos, considerarlos independientemente de las cosas numeradas, pero esto sólo es posible una vez que el entendimiento ha conseguido abstraerlos, es decir, independizarlos de lo dado en la experiencia sensible y en la imaginación. Tratamos en este caso con abstracciones, las cuales no tienen propiedades por sí mismas, sino en relación con las cosas numeradas.

Si preguntamos qué tiene que ver el mundo de la geometría con el mundo físico, hacemos una mala pregunta, porque no se trata de dos mundos, sino sólo de uno. La extensión geométrica forma parte de las cosas materiales, y no es una parte cualquiera sino precisamente la que define el mundo físico. Lo que ocurre es que esto no lo sabe quien sólo se atiene al testimonio de los sentidos. Se necesita ir más allá de la experiencia sensible para reconocer otras partes, que son ontológicamente primeras.

La extensión no es una entidad matemática a la cual se intenta reducir el mundo físico. Si esto fuera así Descartes habría dejado sin explicar lo más importante, a saber, cómo es posible tal reducción, qué relación hay entre el mundo físico y el mundo matemático. Pero Descartes insiste en las *Reglas* en que lo matemático no es más que una parte, aunque la esencial, del mundo físico. No hay entes matemáticos más que

[13] *Ibid.,* pp. 119-120.
[14] *Ibid.,* p. 147.

abstractamente considerados, es decir, sólo en la medida en que tomamos como sujeto de nuestra consideración aquello que no es más que una parte de un sujeto dado, en primer lugar, en la experiencia sensible.

Por consiguiente, al considerar la materia como extensión no le estamos añadiendo nada, sino sacando a la luz lo que más propiamente le pertenece, su unidad interna y como Caravaggio, Descartes afirma que para tomar conciencia de esa unidad no es necesario contar la historia del proceso que ha generado los entes materiales. Esa historia no sería más que una fábula, porque no hemos asistido en primera persona al proceso de génesis. Basta con mirar a lo presente de determinada manera, sin dejamos seducir por la pluralidad sensible, sino buscando la unidad que la vertebra.

EL MÉTODO CIENTÍFICO

Descartes insiste en que el hombre tiene la posibilidad de ir más allá del testimonio que aportan los sentidos. En las *Reglas* ofrece un camino para alcanzar las naturalezas simples que buscamos.

Una naturaleza simple es una parte del ente de la que no se puede prescindir sin que el ente se destruya. Por ejemplo, puedo prescindir del rojo del libro porque el libro puede ser de otro color bajo otra iluminación; puedo prescindir del sabor salado de la sopa porque la sopa puede tener otro sabor en la boca de un enfermo; puedo prescindir del olor de la rosa porque la rosa puede tener otro olor pasados unos días, etc., pero de lo que no puedo prescindir es de la extensión, de la figura o del movimiento, porque no puede haber un cuerpo material que no sea extenso, que no tenga alguna figura o que no tenga algún movimiento.

La extensión, la figura, el movimiento, son partes del cuerpo, como su color, su sabor, su olor, etc. Pero son partes que no se pueden modificar o anular sin que el cuerpo resulte también modificado o anulado. Son partes necesarias para la existencia del cuerpo, mientras que las otras son contingentes. Componen la estructura que vertebra lo presente, aunque hay otras partes no estructurales que hacen de lo presente precisamente esto en concreto. Ahora bien, mientras que las partes no estructurales las podemos modificar, e incluso podemos prescindir de ellas sin que el ente deje de ser lo que es, si modificamos la estructura el ente se convierte en otro ente, y si la eliminamos el ente se derrumba.

En el caso de los cuerpos, la figura, la extensión y el movimiento son naturalezas simples, partes necesarias o estructurales. Pero dado que no puede haber ni figura ni movimiento sin extensión, es decir, dado que la extensión es una parte que está unida inseparablemente tanto a la figura como al movimiento, decimos que la extensión es propiamente aquello en lo que consisten los cuerpos.[15]

Éste es el punto de partida de la ciencia de los seres inanimados. Y el procedimiento que nos ha llevado hasta aquí es el método que debe seguir cualquier disciplina

[15] *Ibid.*, pp. 126-127.

que se quiera convertir en ciencia, es decir, cualquier disciplina que quiera comprender la verdadera naturaleza de su objeto de estudio. En definitiva, el trabajo de todas las ciencias sólo trata, a juicio de Descartes, de la detección de las naturalezas simples que articulan su respectivo objeto.[16]

Esto se concreta en la siguiente serie de pautas:[17]

1. El punto de partida es la experiencia sensible de un determinado fenómeno.
2. Se deben reunir diligentemente todas las experiencias del fenómeno.
3. El científico debe eliminar las partes contingentes y localizar las partes necesarias, de las cuales no hay experiencia sensible, sino que se hacen presentes a la intuición. Para ello se requiere la experimentación repetida: se modifican las condiciones iniciales, se modifican o anulan determinadas propiedades del fenómeno, y se observa si se mantienen o dejan de producirse las experiencias del fenómeno reunidas con anterioridad.
4. Una vez localizadas las partes necesarias es posible intuir las conexiones, también necesarias, que guardan dichas partes entre sí. A este momento de intuición, no de las partes necesarias mismas, sino de la conexión que hay entre ellas, Descartes le da el nombre de "deducción".

[16] *Ibid.,* p. 132.
[17] *Ibid.,* pp. 132-133.

El método así planteado no tiene nada de subjetivo ni psicológico. Se corre el riesgo de malentender a Descartes si llegamos a la conclusión de que la necesidad observada tanto en las naturalezas simples como en las relaciones que guardan entre sí es, en último extremo, una necesidad que pone el pensamiento, pero no una necesidad de las cosas mismas. Como si fuera el científico el que atribuye las necesidades a las cosas, como si la claridad y la distinción que se observa en las naturalezas simples no fueran atributos de ellas, sino un estado de la mente del observador.

Pero el hecho de la pasividad del conocimiento muestra que la mente no pone nada, sino que se limita a recibir lo que de alguna manera se encuentra. Sólo hay conocimiento, y no ficción o ilusión, en la medida en que nos atenemos a lo presente, y conocimiento cierto en la medida en que abandonamos lo dado a los sentidos y nos dirigimos a lo dado a la intuición. Por consiguiente, si describimos fielmente el hecho del conocimiento hemos de reconocer que la necesidad de las naturalezas simples no es creada, o fingida, sino un atributo de lo presente a la intuición.

FUNDAMENTACIÓN DE LA FÍSICA DE LA EXTENSIÓN EN LAS *MEDITACIONES*

En las *Reglas* la fundamentación de la física de la extensión se hace depender de la intuición de naturalezas simples. Dado que de ellas no tenemos un conocimiento sensible, pero tampoco las podríamos co-

nocer sin tener previamente experiencia sensible, las *Reglas* es un tratado del método que permite ir de la pluralidad sensible (colores, sonidos, sabores, figuras, etc.) a la intuición de la unidad estructural (formada por naturalezas simples) que regula dicha pluralidad.

¿Cuál es la relación entre las naturalezas simples, que han sido caracterizadas como partes necesarias del ente, y la pluralidad sensible, que es un conglomerado de partes contingentes?; o en el caso de los cuerpos, ¿cuál es la relación entre la extensión, la figura y el movimiento, por un lado, y los colores, los sonidos, los sabores, etc., por otro? *El mundo* comienza explicando que esta pluralidad son signos que están relacionados con la unidad implícita en la medida en que son efectos de ésta. En concreto, son efectos producidos por la naturaleza en unos determinados entes, en aquellos que son capaces de tener experiencia sensible ligada a un mínimo de entendimiento o de fuerza espiritual.

Puestas así las cosas se entiende fácilmente que la ciencia cartesiana considere que las naturalezas simples son objetivas, es decir, propiedades esenciales de los entes mismos, y que la pluralidad sensible es subjetiva, es decir, el efecto de la acción de las naturalezas simples en un determinado ente que es el hombre.

Por esta razón tanto en *Los principios* como en las *Meditaciones* la fundamentación de la física de la extensión ya no se hace recurriendo a un análisis de las partes necesarias y contingentes de los cuerpos, sino que se hace buscando el deslinde entre lo objetivo y lo subjetivo. Para ello Descartes emplea el recurso de la duda. No es que las cosas se presenten por sí mismas en la duda; por el contrario, la mayor parte de nuestra experiencia cotidiana consiste en tratar con cosas de las que no dudamos. Pero, si libremente envolvemos toda nuestra experiencia de duda, entonces conseguiremos localizar en cada ente sus partes objetivas, que propiamente le pertenecen, y sus partes subjetivas, que aparecen en el ente no porque le pertenezcan, sino porque el hombre las ha puesto.

Sólo se duda de algo si, y sólo si, es posible su modificación o anulación. Pues bien, las partes objetivas no se pueden modificar ni anular sin que el ente desaparezca; por lo tanto acerca de ellas no se puede dudar. Las partes subjetivas, en cambio, se pueden modificar, e incluso se pueden eliminar, y con ello el ente ni desaparece ni resulta esencialmente alterado; son partes que se dejan envolver por la duda.

El resultado de las *Meditaciones* coincide con el de las *Reglas:* la extensión es aquello en lo que consiste propiamente un cuerpo; las propiedades sensibles en estricto sentido no son propiedades del cuerpo, sino propiedades atribuidas al cuerpo por la subjetividad del observador.

Sin embargo, entiendo que son más interesantes las *Reglas* que las *Meditaciones,* y esto por tres razones que expongo brevemente.

La primera es que en las *Reglas* se aceptan los objetos tal como aparecen, y de lo único que se trata es de distinguir en ellos sus partes necesarias y sus partes contingen-

tes. El recurso de la duda empleado en las *Meditaciones* tiene, frente a este procedimiento, una contrapartida, y es que convierte los objetos en algo que de suyo no son. Los convierte en objetos dudosos, o sospechosos, cuando no lo eran justo antes de comenzar la reflexión filosófica ni lo serán después de finalizada ésta, una vez que volvamos a recuperar nuestro trato cotidiano con las cosas.

La segunda razón para preferir las *Reglas* es que en ellas resulta claro que la extensión no es nada distinto de lo extenso. No hay peligro de separar dos mundos, el mundo físico y el de las matemáticas. En cambio, en las *Meditaciones* el criterio de la duda se utiliza para separar estos dos mundos, lo cual plantea un problema filosófico clásico en todo el pensamiento moderno, a saber, el de la conexión o el puente entre lo matemático y lo empírico.

La tercera razón es que si el problema del deslinde entre las partes necesarias y contingentes de los entes se convierte en un problema de distinción entre propiedades objetivas y subjetivas, entonces la ciencia contemporánea que se desarrolla a partir de la mecánica cuántica supone el hundimiento del programa cartesiano, porque pone en primer plano la imposibilidad de distinguir entre propiedades objetivas y subjetivas. Y esto lleva a sospechar de la continuidad del conocimiento científico y a ofrecer, a cambio, argumentos en favor de la discontinuidad, e incluso argumentos en favor de la inconmensurabilidad de las teorías científicas. En cambio, si afirmamos, con el Descartes de la regla XII, que la ciencia trabaja para encontrar las partes necesarias, entonces podemos defender la tesis de que la ciencia contemporánea sigue entroncada metodológicamente con la ciencia moderna (y tener una buena base para oponernos tanto a la discontinuidad como a la inconmensurabilidad), porque aún hoy de lo que se trata es de detectar las partes necesarias y las conexiones que guardan entre sí.

LAS LEYES DE LA NATURALEZA

Una vez que, a través de algunos ejemplos, se da al lector la pauta de cómo entender la naturaleza a partir de una materia homogénea dividida en partes de distinto tamaño y movimiento, en el séptimo capítulo de *El mundo* se estudian cuáles son las leyes que regulan los cambios en la materia.

El ser humano no ha asistido en directo a la creación del universo, y por tanto no puede saber de antemano si está ordenado o es caótico, y en el caso de que esté ordenado, no puede saber de antemano cuáles son esas reglas. Según Castex, también Caravaggio o Bernini saben que no es posible este conocimiento *a priori.* El conocimiento del orden interno de la naturaleza sólo puede ser *a posteriori,* es decir, a partir de la experiencia que el hombre tiene con la representación que cotidianamente nos ofrece la naturaleza, a partir de la experiencia con los signos, con la pluralidad manifiesta a los sentidos.

La experiencia sensible nos da noticia de cierto orden en las cosas con las que tra-

tamos. Gracias a ello podemos desplegar hacia el futuro conductas rutinarias que tienen éxito. Por ejemplo, me levanto de la cama y pongo los pies en el suelo porque sé que el suelo soportará mi peso, busco la ropa en el armario porque sé que, estando yo solo en casa, la ropa no ha podido desaparecer, etc. E incluso cuando el futuro nos sorprende buscamos insertar el episodio sorprendente en una nueva secuencia ordenada. Por ejemplo, abro la llave del agua para asearme, pero si hoy no cae agua pensaré que han cortado el suministro porque durante la noche detectaron alguna avería en el drenaje.

Dado que la experiencia sensible no es más que un signo de una unidad interna, esto es, dado que la pluralidad presente no es más que el efecto de naturalezas simples o partes necesarias, si reconocemos un orden en los efectos es porque hay un orden en las causas que los generan. La cuestión es cuál es este orden, o dicho de otra manera, cuáles son la(s) leyes que regulan la naturaleza, teniendo en cuenta que ésta no es nada más que materia y movimiento.

En el capítulo séptimo de *El mundo,* y también a partir del parágrafo 37 de la segunda parte de *Los principios,* Descartes enuncia lo que considera las tres leyes fundamentales que regulan el comportamiento de los cuerpos. Sin embargo, los textos referidos resultan decepcionantes, porque se limitan a enunciar las leyes y a aplicarlas a algunos casos concretos.

Podemos pensar que estas leyes son meramente conjeturas y que, desde un punto de vista lógico, no tiene sentido preguntar cómo ha llegado Descartes a ellas, sino a partir de qué observaciones las ha corroborado. Puesto que Descartes sólo cuenta con un número finito, y sorprendentemente pequeño, de observaciones, estas leyes, aunque corroboradas, no podrían ser calificadas nada más que como conjeturas.

Pero en este punto el planteamiento metodológico de Descartes está muy alejado del planteamiento anterior, de raíz popperiana. Descartes insiste en la verdad de sus leyes, y las aplica a unos pocos casos concretos no con el ánimo de corroborarlas, sino con el ánimo de ejemplificarlas, porque ya sabe de antemano que las leyes son verdaderas. La cuestión es: ¿por qué lo sabe?

La respuesta no está ni en *El mundo* ni en *Los principios;* ambas obras las escribe dando por bueno el planteamiento que al respecto elaboró en las *Reglas.*

En la segunda parte de la regla XII Descartes analiza la conjugación necesaria y contingente entre naturalezas simples.[18] Es contingente la unión de aquellas partes que no son inseparables. Por ejemplo, si decimos "un cuerpo animado", la unión entre "cuerpo" y "animado" es contingente, porque un cuerpo puede no ser animado y sin embargo seguir siendo un cuerpo. Lo mismo ocurre cuando decimos "un hombre vestido"; podemos eliminar la parte a la que nos referimos con el término *vestido* porque por ello el hombre no deja de serlo.

Pero el caso no es el mismo si digo "el movimiento tiene una duración", o "la figura tiene extensión", porque no puede haber

[18] *Ibid.,* pp. 126-130.

un movimiento sin tiempo ni una figura sin extensión. El movimiento y el tiempo, o la figura y la extensión, son partes que están unidas inseparablemente, de tal manera que no podemos concebir la primera sin la segunda. Insisto en lo siguiente: al decir, como Descartes, "no podemos concebir", no estamos diciendo que esta unión necesaria entre las partes sea una necesidad impuesta por el pensamiento, sino una necesidad de las cosas, de manera que, en estricto sentido, habría que decir que no puede existir la primera parte separada de la segunda. En esta imposibilidad de existir radica la conjugación necesaria entre naturalezas simples.

Pero la cuestión que aquí importa es la siguiente: ¿cómo sabemos que la figura tiene extensión?, ¿a través de la observación? Se necesita la experiencia sensible, porque sólo a partir de la experiencia de los cuerpos podemos llegar a saber, por intuición y mediante la imaginación, qué es la figura y qué es la extensión. Una vez que tenemos conocimiento de las naturalezas simples o partes necesarias, en este caso de la figura y de la extensión, la unión necesaria que hay entre ellas se intuye atendiendo a las naturalezas simples mismas. Esto coincide con el cuarto punto del método cartesiano que explicitábamos más arriba: una vez localizadas las partes necesarias es posible intuir las conexiones necesarias que se dan entre ellas. Y con independencia, llegados a este punto, de la experiencia sensible, la cual se utilizará a partir de ahora sólo para ejemplificar eso que ya hemos conocido de antemano por intuición.

Así es como se elaboran las leyes en todas las ciencias, buscando las conexiones necesarias que hay entre las partes necesarias del objeto respectivo de estudio. Puesto que las partes necesarias son claras y distintas, y por tanto lo más cierto en el conocimiento, las leyes, que no son más que conexiones necesarias entre partes necesarias, también han de contener la máxima certeza, lo cual equivale, para Descartes, a la máxima realidad y verdad. No tiene sentido, por consiguiente, decir que las leyes son conjeturas.

El término *conjetura* se lo atribuye Descartes no a las leyes que se alcanzan por intuición de las conexiones de partes necesarias, sino a las que se alcanzan por inducción sobre la experiencia sensible. El ejemplo que pone es el siguiente: vemos que el agua está por encima de la tierra y que es más sutil que la tierra; vemos que el aire está por encima del agua y que es más sutil que el agua; y concluimos que por encima del aire hay un éter purísimo mucho más sutil que el aire. Esta conclusión es una conjetura, porque se ha establecido una relación entre el aire y otro elemento no en función de un análisis de partes necesarias, sino de la observación de una relación contingente entre partes. Dice Descartes que lo que de esta manera componemos, "ciertamente no nos lleva a error, si juzgamos que sólo es probable y nunca afirmamos que es verdadero, pero tampoco nos hace más sabios".[19]

Al proceso que nos permite componer leyes verdaderas a partir de la intuición de

[19] *Ibid.*, p. 130.

conexiones necesarias Descartes le da el nombre de deducción, e insiste en que nos libra del error "si no unimos nunca entre sí ninguna cosa, a no ser que intuyamos que la unión de una cosa con otra es absolutamente necesaria: como si del hecho de que la figura tenga una unión necesaria con la extensión, deducimos que no puede tener una figura lo que no sea extenso, etcétera".[20]

EL VACÍO NO EXISTE

La primera consecuencia física que Descartes extrae de este planteamiento ontológico y metodológico es que no existe el vacío. La razón que da es la siguiente: se considera que el vacío es un espacio extenso sin cuerpos, pero dado que la extensión no es un ente separado de los cuerpos, sino una parte (necesaria) de los cuerpos, se ha de concluir que no existe la extensión sin cuerpos, es decir, que no existe el vacío. Podemos distinguir la extensión una vez que, a partir de la experiencia sensible, la intuimos en la imaginación y la separamos del cuerpo, pero tomada de esta manera es un ente abstracto que sólo se da en el pensamiento y no en la naturaleza, o como dice Descartes, no *en el universo.*

El argumento queda resumido en el parágrafo 16 de la segunda parte de *Los principios:* "El vacío... es evidente que no puede darse *en el universo,* ya que la extensión del espacio o del lugar interior no difiere de la extensión del cuerpo".[21]

El análisis del vacío que se hace a lo largo de los primeros parágrafos de *Los principios* es del todo coherente con los fundamentos ontológicos que aportó Descartes en las *Reglas,* y eso a pesar de que entre la redacción de una obra y la otra median cerca de dieciséis años. En el capítulo cuatro de *El mundo,* donde también se trata el asunto del vacío, el análisis sigue también la línea argumentativa de las *Reglas,* pero es un poco más complejo. A propósito de los errores que se pueden cometer en la deducción, es decir, en la intuición de conexiones necesarias entre partes necesarias, dice Descartes en la regla XII:

> Puede haber en ella [en la deducción] muchos defectos: como si, de que en este espacio lleno de aire no percibimos nada ni con la vista ni con el tacto ni con ningún otro sentido, concluimos que está vacío, uniendo indebidamente la naturaleza del vacío con la de este espacio; y lo mismo sucede siempre que de lo particular y contingente juzgamos poder deducir algo general y necesario.[22]

Como se aprecia en la cita, Descartes liga la negación del vacío con la crítica de la experiencia sensible, cosa que vuelve a hacer en el capítulo cuatro de *El mundo,* cuando afirma que erróneamente admitimos la existencia del vacío allí donde hay cuerpos que nuestros sentidos no perciben. Pero, si somos rigurosos en la interpretación, hay que decir que el argumento de

[20] *Idem.*
[21] *Los principios,* p. 82.
[22] *Reglas,* p. 130.

Descartes no es: dado que los sentidos nos engañan, llegamos a afirmar cosas como la existencia del vacío. Atendiendo a la cita, así como al contexto de la regla xii, el argumento es: dado que deducimos mal, es decir, dado que unimos indebidamente partes necesarias con partes contingentes, podemos afirmar que el vacío existe.

Por consiguiente, lo que lleva a algunos a afirmar erróneamente la existencia del vacío no es la engañosa experiencia sensible; ésta es sólo una representación, un signo, y por tanto no se la puede calificar de tal manera. Lo que lleva a afirmar erróneamente la existencia del vacío es la precipitación en la deducción, porque el entendimiento precipitado toma partes contingentes por partes necesarias y establece conexiones necesarias entre partes que, de suyo, no se relacionan de esa manera.

LAS TRES LEYES FUNDAMENTALES

Descartes enuncia, explica y ejemplifica las tres leyes fundamentales de la naturaleza en el capítulo siete de *El mundo.* Son las siguientes:

1. Cada parte de materia, considerada individualmente, permanece siempre en el mismo estado, en tanto que el encuentro con las demás no la obliga a modificarlo.
2. Cuando un cuerpo empuja a otro, no podría transmitirle ningún movimiento a no ser que pierda al mismo tiempo otro tanto del suyo, ni podría privarle de él a menos que aumente el suyo en la misma proporción.
3. Cuando un cuerpo se mueve, aunque su movimiento se realice lo más frecuentemente en línea curva y no pueda darse jamás ninguno que no sea en alguna forma circular, sin embargo cada una de sus partes, consideradas individualmente, tiende siempre a continuar el suyo en línea recta. Y así su acción, es decir, la inclinación que tienen a moverse, es diferente de su movimiento.

La misma formulación de las leyes aparece en los parágrafos 37, 39 y 40 de la segunda parte de *Los principios.* La diferencia es que aquí la tercera ley aparece como segunda, y la segunda ley aparece como tercera.

a) Primera ley

La primera ley establece la absoluta pasividad de la materia. Esto quiere decir que entre las naturalezas simples o partes necesarias de un cuerpo no encontramos ninguna que remita a cierta forma de actividad generada por el propio cuerpo. De tal manera que si un cuerpo es cuadrado permanece con esta figura, si tiene cierto tamaño no lo reducirá por sí mismo, si tiene cierto color o textura no cambiará, por sí mismo, ni el color ni la textura, etc.; y en lo que se refiere al movimiento, si está en reposo en un lugar no partirá jamás de allí a no ser que los demás lo desplacen, y si está en movimiento continuará en movimiento a no ser que algo lo retarde o lo detenga. Es decir, la materia, por sí misma,

no cambia, dado que la extensión, por sí misma, no cambia.

Descartes niega la validez de la física aristotélica, según la cual los cuerpos se mueven por sí mismos atendiendo a su naturaleza. La razón para ello radica, en último extremo, en considerar que el cambio, en sentido aristotélico, no es una parte necesaria de los entes naturales, que éstos no contienen ninguna actividad propia, sino que es la extensión aquello que propiamente los define. Y a partir de aquí es fácil comprender la siguiente diferencia: que Aristóteles insiste en la imposibilidad de la reducción de la pluralidad sensible a una unidad debido a que hay muchos tipos de cambio, mientras que Descartes admite la unidad de la pluralidad sensible porque la extensión es una.

Esto implica una transformación del concepto de movimiento, que ahora ya no puede entenderse como el cambio de las propiedades del cuerpo generado por una actividad propia sino, tal como lo conciben los geómetras, como la traslación de un lugar a otro lugar pasando por todos los lugares intermedios. Y puesto que no se da el vacío, la traslación del cuerpo se produce "de la vecindad de los que contactan inmediatamente con él y que consideramos en reposo a la vecindad de otros".[23]

Cuando la primera ley se aplica al caso del movimiento entendido como traslación, se deduce que la materia en sí misma es pasiva ante el reposo y ante el movimiento, sea éste rectilíneo o circular. Es decir, no contiene, a modo de parte o contenido ingrediente propio, resto alguno de acción que modifique el reposo o el movimiento que le ha sido dado o le está siendo dado.

b) Segunda ley

Los cuerpos por sí mismos no se mueven, pero existe movimiento en el universo. Podría no existir, pero lo dado, el punto de partida, lo que nosotros nos encontramos y debemos reconocer –éste es, a mi juicio, el sentido que tienen en Descartes las continuas referencias a Dios– es que hay movimiento.

Puesto que la materia es pasiva, ella misma no puede generar movimiento, ni tampoco disiparlo, sino meramente transmitir, en un universo que está lleno, el movimiento que le ha sido dado. La segunda ley explica cómo se transmite en función del empuje, y dice que un cuerpo aumenta el movimiento sólo cuando otro se lo transmite, disminuyendo en la misma cantidad el movimiento de éste. Lo cual implica que el incremento del movimiento de las partes de un sistema cerrado (y el universo es un sistema cerrado) es cero, o de otro modo, que el promedio del movimiento de las partes de un sistema cerrado se mantiene constante.

La formulación de la ley es clara, dado que hace referencia sólo a los incrementos de movimiento. En la explicación posterior que se ofrece tanto en *El mundo* como en *Los principios* aparecen, explícitamente en esta segunda obra, los conceptos de "fuerza con que un cuerpo obra sobre otro" y "fuerza con que un cuerpo opone resistencia a la acción de otro".[24]

[23] *Los principios,* p. 88.

[24] *Ibid.,* p. 103.

Los conceptos se extraen de la primera ley y, en definitiva, no ponen de manifiesto más que el hecho de que cada cosa persiste en el estado en que se encuentra, ya sea de movimiento o de reposo. Descartes los utiliza para explicar el choque entre dos cuerpos. Si A es un cuerpo duro que está en movimiento hacia B, más grande, más duro y en reposo, entonces A retorna hacia el punto de donde procede y no pierde nada de su movimiento; en cambio, si B es blando, entonces A se acaba deteniendo porque le transfiere movimiento. Descartes explica que el movimiento de A no es retardado por el choque con B en proporción a la fuerza de resistencia de B, sino en proporción a lo que la fuerza de movimiento de A sobrepase la fuerza de resistencia de B. De tal manera que el movimiento que se transmite a B es proporcional a la diferencia entre la fuerza de movimiento de A y la fuerza de resistencia de B. Así, dado B en reposo más grande y más duro que A en movimiento, lo que ocurre es que la fuerza de movimiento de A es inferior a la fuerza de resistencia de B, por lo cual después del choque todo el movimiento permanece en A, y B no se mueve. En el caso de que B sea blando lo que ocurre es que la fuerza de movimiento de A supera la fuerza de resistencia de B, y después del choque B comienza a moverse con una fuerza de movimiento que es proporcional a la diferencia entre la fuerza de movimiento de A y la fuerza de resistencia de B.

El choque de A en movimiento con un cuerpo B, tan duro y resistente que no puede ser impulsado por A, obliga a reconocer una nueva distinción, la existente entre el "movimiento de una cosa" y su "determinación hacia un lado más bien que hacia otro lado".[25] Tras el choque lo que ocurre es que cambia la determinación que tenía A, para moverse hacia B, por la fuerza de resistencia de B, pero no cambia el movimiento de A.

El cálculo del movimiento y la determinación del movimiento en un choque entre dos cuerpos depende del cálculo de la fuerza de movimiento y la fuerza de resistencia de los cuerpos implicados. En los parágrafos que van del 46 al 52 de la segunda parte de *Los principios* se observa que Descartes, en primer lugar, sólo tiene en cuenta los choques entre cuerpos que se mueven en la misma dirección (ya sea en el mismo o en distinto sentido) y, en segundo lugar, hace depender el cálculo de estas fuerzas del tamaño y la velocidad de los cuerpos.

Será la mecánica de Newton la que perfeccione el análisis de los choques, distinguiendo entre choques elásticos e inelásticos y definiendo la cantidad de movimiento como el producto entre la masa inercial del cuerpo y su velocidad, vectorialmente considerada. Pero estos nuevos conceptos no se pueden entender en el marco conceptual cartesiano, porque ello requiere de nociones como la de espacio vacío, fuerzas de acción a distancia, energía, etcétera.

c) Tercera ley

La primera ley establece la pasividad de la materia ante el reposo o el movimiento rec-

[25] *Ibid.*, p. 102.

tilíneo o circular. La tercera ley establece una diferencia entre los movimientos rectilíneos y los circulares. Los movimientos circulares cesan cuando cesa la acción externa que, aplicada continuamente sobre el cuerpo, genera el movimiento circular. En cambio, el movimiento rectilíneo no cesa cuando cesa la acción externa que, aplicada momentáneamente sobre el cuerpo, genera dicho movimiento, sino que éste permanece aunque haya dejado de aplicarse la acción externa sobre el cuerpo. O de otro modo: la materia no sólo es pasiva ante todo movimiento, sino que además es capaz de mantener el movimiento rectilíneo cuando la causa que lo genera deja de actuar, cosa que no ocurre en el caso del movimiento circular.

Con esto, la tercera ley pone de manifiesto que la extensión y el movimiento son naturalezas simples o partes necesarias de la materia. Pero no todo movimiento, sino sólo el movimiento rectilíneo, ya que, una vez dado, es el único que la materia es capaz de mantener por sí misma, sin el concurso de una acción externa.

Puede haber movimiento o no en el universo; esto es contingente. Podría existir un universo completamente en reposo, y en tal caso la única parte necesaria de la materia sería la extensión. Pero si hay movimiento en el universo, cosa que ocurre, entonces las partes necesarias de la materia son la extensión y el movimiento rectilíneo. Esto es: en un universo en movimiento no podemos prescindir de la extensión y el movimiento rectilíneo, porque si lo hacemos ese universo se destruye.

A esta necesidad se refiere Descartes en *El mundo* cuando dice: "Sólo Dios es el autor de todos los movimientos que existen en el mundo, en tanto que existen y en tanto que son rectilíneos".[26] Y a la intuición de la naturaleza simple que es el movimiento rectilíneo se refiere así: "De todos los movimientos, sólo el rectilíneo es enteramente simple, de modo que su naturaleza esté comprendida en un único instante".[27]

La tercera ley se puede ejemplificar atendiendo al movimiento de una piedra en una honda. Ocurre que, cuando se elimina la acción de la honda sobre la piedra, ésta continúa moviéndose por la tangente con un movimiento rectilíneo. Se aprecia que el cuerpo mantiene por sí mismo no el movimiento circular, que depende de la acción continua sobre la piedra, sino el movimiento rectilíneo.

La ley añade algo importante, y es que en un mundo lleno el movimiento rectilíneo ha de entenderse meramente como una inclinación del cuerpo. No puede haber efectivamente movimiento rectilíneo, porque la fuerza de resistencia de la materia interpuesta saca al cuerpo de la trayectoria recta y lo obliga a trazar una trayectoria curva en forma de torbellino. Los movimientos rectilíneos sólo podrían desplegarse en un espacio vacío, tal como propone Newton, pero se ven continuamente interrumpidos en el espacio lleno cartesiano, quedando reducidos a una mera tendencia del cuerpo.

[26] *El mundo*, p. 113.
[27] *Ibid.*, p. 112.

La consecuencia de este planteamiento para el estudio del movimiento de los cuerpos celestes es clara: ahora estamos obligados a explicar la acción continua que hace que los planetas no abandonen sus órbitas circulares. Esta explicación no se planteaba en la tradición cosmológica heredada de Aristóteles, en la que el movimiento circular se consideraba un movimiento propio del planeta y, por tanto, un movimiento mantenido por la actividad interna del cuerpo.

La permanencia del cuerpo en su estado de reposo o movimiento rectilíneo es algo que, posteriormente, queda formulado en la primera ley de Newton. Pero hay una diferencia básica entre ésta y la formulación derivada de las leyes cartesianas, y es que Newton no se refiere al movimiento rectilíneo sin más, sino al movimiento rectilíneo y uniforme. En el planteamiento newtoniano el movimiento rectilíneo acelerado no puede ser mantenido por el cuerpo, sino que depende de la acción de una causa externa, ya se trate de un choque o de una fuerza de acción a distancia.

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

Descartes entiende el movimiento como la traslación de un cuerpo de un lugar a otro. En la segunda parte de *Los principios* distingue entre lugar interior y lugar exterior. El lugar interior es la extensión del cuerpo cuando se piensa que constituye un espacio independiente del cuerpo, el cual está ocupado de forma más o menos provisional por dicho cuerpo. En el parágrafo diez explica que la noción de lugar interior surge al separar el cuerpo extenso de su extensión, y en los parágrafos que van del once al trece insiste en que esta diferenciación se produce en el pensamiento, pero que no se da en las cosas, de esta manera:

> Las palabras "lugar" y "espacio" nada significan que difiera *verdaderamente* del cuerpo del que nosotros decimos que está en algún lugar, y que designan únicamente su magnitud, su figura y cómo está situado entre los otros cuerpos.[28]

El lugar exterior es la superficie que rodea un cuerpo, según dice el parágrafo quince. Pero no es una parte del cuerpo que rodea ni tampoco una parte del cuerpo rodeado, sino el límite entre uno y otro.

El movimiento en su uso común se entiende, según Descartes, como "la acción por la cual un cuerpo pasa de un lugar a otro lugar".[29] Así, quien está sentado en la popa de un barco pensará que está en reposo mientras no sienta acción alguna sobre él. Pero este uso es inapropiado, ya que vincula el movimiento a alguna acción continuada sobre el móvil y, sin embargo, hay movimientos, como el rectilíneo, que no se mantienen por la acción de algo, sino que están dados a los cuerpos y éstos los mantienen por sí mismos.

El movimiento propiamente dicho es definido como la traslación de un cuerpo de un lugar externo a otro lugar externo,

[28] *Los principios*, p. 79.
[29] *Ibid.*, p. 87.

es decir, como la traslación de un cuerpo de la vecindad de los que contactan inmediatamente con él, y que consideramos que están en reposo, a la vecindad de otros.[30]

Algunos autores afirman que la definición se propone con el fin de establecer un *"sistema de referencia objetivo,* en vez de subjetivo o relativo al observador".[31] Dado que, a diferencia de lo que afirma la mecánica newtoniana, ese sistema no puede ser el espacio vacío, la hipótesis más sencilla es que el sistema esté formado por los cuerpos limítrofes.

No comparto este punto de vista por tres razones. La primera es que, según entiendo, Descartes no busca un sistema de referencia objetivo. Y, de hecho, el sistema formado por los vecinos inmediatos del móvil no es objetivo, sino relativo al observador, porque es el observador quien lo considera en reposo. Descartes afirma en el parágrafo trece de la segunda parte de *Los principios* que "no podríamos identificar en todo el universo [un] punto que fuera verdaderamente inmóvil", que "no hay lugar de cosa alguna que *sea firme e inmóvil"* y que "sólo podemos afirmar que sea tal lugar en razón de que nuestro pensamiento así lo establece".[32]

La segunda razón es que, atendiendo a la metodología cartesiana, la ciencia es incompatible con la formulación de hipótesis. En las *Reglas* se señala repetidamente que la ciencia no consiste en formular hipótesis para resolver problemas, sino en formular leyes a partir de la intuición de las conexiones necesarias entre las partes necesarias de los objetos. Por consiguiente, entiendo que Descartes no propone una definición de movimiento con el fin de solucionar un problema (a saber, la determinación de un sistema de referencia objetivo), sino que estudia las conexiones entre las partes necesarias de los cuerpos (la extensión, la figura y el movimiento) y de ahí extrae una definición de movimiento que, posteriormente, trata de ejemplificar en la experiencia.

En tercer lugar, hay que tener en cuenta que la definición aparece en el contexto de la discusión acerca de la relación entre los movimientos y la acción externa, y no en medio del debate sobre la búsqueda de un sistema de referencia objetivo, por lo que entiendo que ésta no es la cuestión aquí. Sí lo es cuando, en la parte tercera de *Los principios,* se estudia el movimiento de la Tierra, pero este problema se resuelve, a mi juicio, a partir de las conclusiones extraídas del análisis de las partes necesarias, y no a partir de definiciones planteadas a modo de hipótesis.

La definición de movimiento propuesta pretende, en un primer momento, insistir en que la acción sobre el cuerpo no es criterio para determinar su estado de movimiento o de reposo, y ello debido a que puede haber movimiento sin acción sobre el móvil, como ocurre en el caso del rectilíneo. Por consiguiente, el movimiento debe ser entendido simplemente como traslación.

[30] *Ibid.,* p. 88.
[31] A. Rioja y J. Ordóñez, *Teorías del universo,* vol. II, Madrid, Síntesis, 1999, pp. 150-151.
[32] *Los principios,* p. 80.

La definición añade, en un segundo momento, que no se trata de una traslación de un lugar a otro lugar sino, "puesto que el lugar puede ser considerado en formas diversas que dependen de nuestro pensamiento, como ha sido señalado anteriormente",[33] se trata de una traslación del cuerpo de la vecindad de aquellos con los que está en contacto hacia la vecindad de algunos otros. Es decir, el movimiento se entiende no como la traslación de un lugar interior a otro, porque el lugar interior es una mera abstracción del pensamiento; se entiende como la traslación en el seno de un espacio lleno, y consiguientemente, una traslación que obliga al cuerpo a cambiar de cuerpos vecinos.

Pero hay un tercer aspecto que destacar. De entre todos los cuerpos vecinos se consideran los vecinos inmediatos, aquellos con los que el móvil está en contacto, aquellos que conforman su lugar exterior. La razón queda explicitada en la siguiente cita:

> Pero cuando tomamos el movimiento como la traslación de un cuerpo que abandona la vecindad de aquellos cuerpos que toca, es cierto que no podríamos atribuir a un mismo móvil más que un movimiento, puesto que no hay sino una cierta cantidad de cuerpos que pueden serle tangenciales en un mismo instante del tiempo.[34]

Es decir, lo que ganamos al tomar como sistema de referencia los vecinos inmediatos es que al cuerpo sólo se le atribuye un movimiento. Si se definiera el movimiento sólo como una traslación de lugar, entonces a un mismo cuerpo se le podrían atribuir infinitos movimientos, incluso movimientos en sentido contrario. Lo cual es un error si se tiene en cuenta que el movimiento es una propiedad del móvil, y en concreto el movimiento rectilíneo es una propiedad esencial (una naturaleza simple).

Cuando Descartes, al comienzo de la tercera parte de *Los principios,* aplica estas consideraciones al movimiento de la Tierra, concluye que, hablando con propiedad, ésta no se mueve, porque no es transportada en el cielo líquido inmediatamente circundante, el cual se toma como sistema de referencia.

> No se podría hallar en la Tierra ni en los otros planetas movimiento alguno, de acuerdo con la significación propia de esta palabra, porque no son transportados desde la proximidad de las partes del cielo que les son tangentes, en tanto que consideramos estas partes como en reposo [...] para ser transportados de este modo, sería necesario que los planetas se alejasen al mismo tiempo de todas las partes de ese cielo, tomado en su conjunto; esto no sucede.[35]

La Tierra, por consiguiente, reposa en su cielo, tal como reza el parágrafo 26. Pero esto no impide que siga el curso del movimiento del cielo, de la misma forma

[33] *Ibid.,* p. 90.
[34] *Idem.*
[35] *Ibid.,* p. 136.

que un barco que permanece en reposo en el mar sigue el flujo y reflujo del agua. Tanto el habitante de la Tierra como el marinero del barco permanecerán insensibles a este movimiento mientras tomen como sistema de referencia los cuerpos inmediatamente vecinos. Lo cual se deduce del hecho de que la materia es pasiva ante todo movimiento, es decir, que en sí misma no contiene acción alguna que delate el movimiento.

Será la física newtoniana la que matice este planteamiento al insistir en que de la pasividad de la materia no se puede concluir la equivalencia mecánica entre reposo y movimiento, sino sólo entre reposo y movimiento rectilíneo uniforme. El movimiento acelerado, ya sea rectilíneo o circular, siempre generará "acciones" (es decir, efectos mecánicos) en el interior del propio sistema móvil, de tal forma que un observador podría saber, sin salir del sistema, si se mueve aceleradamente, o bien se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.

LA FÁBRICA DEL CIELO Y DE LA TIERRA

El cortesano que observa el paso rítmico y sereno de Luis XVI bajando la Escalier des Ambassadeurs tiene la oportunidad de reconocer el poder divino del rey, fuente de donde emana la organización del Estado y el orden de una sociedad libre, próspera y pacífica. La conciencia nítida y transparente de todo ello requiere saber interpretar el sentido de la representación que se ofrece ante el espectador. Pero no es la única posibilidad. Las historias que contaban los antiguos sobre héroes y paladines también eran una buena manera de hacer inteligibles los principios más simples de la naturaleza del poder, de la sociedad o del Estado.

Dice Descartes:

> No dudo en modo alguno que el mundo haya sido creado desde el primer momento de su existencia con tanta perfección como ahora posee, de suerte que el Sol, la Tierra, la Luna, las Estrellas, existan desde entonces, [...] sin embargo [...] lograremos un mejor entendimiento de lo que sea la naturaleza de las cosas que pueblan el mundo, si pudiéramos imaginar algunos principios que fueran muy inteligibles y muy simples, y a partir de los cuales hiciéramos ver claramente que los astros y la Tierra, al igual que cuanto es visible en el mundo, hubiera podido generarse a partir de ciertas semillas, aun cuando supiéramos que no fue generado de esta forma.[36]

Desde la metodología expuesta en las *Reglas* es posible tomar conciencia de la esencia de la naturaleza, de su totalidad, atendiendo al hecho concreto de la experiencia presente y remontándonos sobre la pluralidad sensible. Pero la cita dice que lograremos un mejor entendimiento de ello si contamos la historia de cómo el mundo ha llegado a ser lo que es a partir de los principios considerados.

[36] *Ibid.*, p. 148.

Se trata ahora de contar la historia del universo, la cual no puede ser entendida más que como una nueva historia de héroes. Si la escuchamos con el rigor del científico tendremos que decir que comienza describiendo un momento fingido, meramente supuesto, dado que no estuvimos allí. Sin embargo, no todo en la historia es suposición; no lo es el final, porque coincide con el momento presente que ahora vivimos; y tampoco son suposiciones las leyes que regulan el orden que nos encontramos.[37] En todo caso, la historia se cuenta, como cualquier otra fábula, para hacer inteligible una moraleja. No son esenciales los personajes, que bien pudieran ser otros, ni el contexto inicial en el que se sitúan, sino el orden implícito, que los obliga a reaccionar para acabar componiendo siempre la misma escena final.

Ya conocemos los principios del mecanicismo cartesiano, a saber: "Que todos los cuerpos que componen el universo están formados de una misma materia; que tal materia es divisible en infinidad de partes; que está dividida en partes que se mueven de modo diverso y cuyos movimientos son en cierto modo circulares; que se mantiene una cantidad igual de movimiento en el mundo[...]".[38]

A esto hemos llegado por la fuerza del razonamiento, es decir, a partir de la intuición en la imaginación de partes necesarias y conexiones entre ellas. Pero lo que no se ha podido determinar son:

> Las dimensiones de las partes en las que la materia está dividida, ni cuál es la velocidad con la que tales partes se mueven, ni cuáles son los círculos que describen al moverse. No ha sido posible esta determinación, pues habiendo podido ser ordenadas por Dios en una infinidad de distintas formas, sólo la experiencia *y en modo alguno la fuerza del razonamiento,* permite conocer cuál de todas estas formas ha sido elegida. Esta es la razón en virtud de la cual y libremente podemos elegir aquella que deseemos siempre y cuando todo lo que sea deducido sea *enteramente* acorde con la experiencia.[39]

Es decir, del universo conocemos las leyes que lo regulan y el estado final, que es en el que nos encontramos, pero no el estado inicial. Así que hemos de suponerlo para componer la fábula, la cual se narra en los capítulos octavo, noveno y décimo de *El mundo* y en la tercera parte de *Los principios.*

Supongamos que Dios ha creado en el comienzo materia dividida en partes de diversos tamaños y figuras, y que ha dotado a todas ellas desde el comienzo de distintos movimientos, con la restricción de la misma cantidad de materia y de movimiento que ahora tendría que haber en el momento de la creación. Estamos ante un caos inicial de partes de materia, las cuales no se pueden mover en línea recta, puesto que no hay vacío. Necesariamente han de moverse de forma más o menos circular, resultando una trama de infinidad de

[37] *Ibid.,* pp. 148-152.
[38] *Ibid.,* p. 149.
[39] *Idem.*

complejos torbellinos o vórtices iniciales, cada uno compuesto por partes de materia girando en tomo a un centro.

En un espacio lleno los constantes choques entre las partes acabarán produciendo tres consecuencias: una reducción del tamaño de las más grandes, y consiguientemente, un aumento del número de partes con tamaño semejante; la limadura de sus ángulos hasta alcanzar figuras aproximadamente esféricas, y el aumento del número de partes con velocidad semejante. De esta manera surge una gran cantidad de lo que Descartes llama segundo elemento, formado por partículas de tamaño medio y velocidad media. Se trata de la materia sutil interestelar en la que finalmente se generan los torbellinos.

Si los choques entre partes se prolongan durante tiempo suficiente, el resultado final es una materia homogénea en lo referente a su tamaño y a su movimiento. Pero el hecho es que este momento aún no ha llegado, porque lo que vemos son cuerpos de muy distinto tamaño y muy distinto movimiento. Por tanto, tenemos que suponer que en el comienzo había partes de materia con un tamaño mayor, lo cual implica, para Descartes, que su fuerza de resistencia a los choques también es mayor. Dependiendo del balance entre la fuerza de movimiento de las partes del segundo elemento y la fuerza de resistencia de las partes de materia de mayor tamaño, éstas permanecerán en los torbellinos o no quedarán atrapadas en ellos, logrando pasar de uno a otro. Así se explica el movimiento de los cometas, los satélites y los planetas. Son cuerpos que pertenecen al tercer elemento, formado por partes de mayor tamaño y de menor movimiento.

Por otro lado, la continua limadura, por medio de los choques, de los ángulos de las partes del segundo elemento producirá partes de materia de tamaño mucho menor, de formas diversas y con movimiento rápido. Su pequeño tamaño hace que esas partes puedan rellenar los huecos que quedan al contactar las partes esféricas del segundo elemento, y las sobrantes seguirán las trayectorias de los torbellinos hasta precipitarse en los centros, formando, al chocar, el Sol y las estrellas.

La diferencia entre la fuerza de movimiento de las partes del segundo elemento que componen un torbellino y la fuerza de resistencia de las partes del tercer elemento implicadas, fuerzas ambas que se calculan en función del tamaño y la velocidad de los cuerpos, explica la diferencia entre cometas, planetas y satélites.

Si la diferencia es negativa, entonces las partes del tercer elemento no quedarán atrapadas en el torbellino y se adentrarán en otro, hasta alcanzar un torbellino en el que la diferencia ya no sea negativa. Son los cometas.

Si la diferencia es positiva, entonces las partes del tercer elemento quedarán atrapadas en el torbellino, precipitándose hacia su centro hasta alcanzar una región en la que la fuerza de movimiento sea igual a la fuerza de resistencia. En este momento la parte del tercer elemento seguirá la trayectoria de las partes del segundo elemento implicadas. Estos cuerpos son los

planetas. Efectivamente, en cada estrella o centro del torbellino puede haber planetas girando a su alrededor dentro de la región delimitada por el torbellino.

La fuerza de resistencia del planeta girando en su órbita es igual a la fuerza de movimiento de las partes del segundo elemento implicadas. Pero dado que el tamaño de las partes del tercer elemento es mayor que el tamaño de las partes del segundo elemento, la velocidad de éstas ha de ser mayor que la de aquéllas si se quiere mantener la igualdad de fuerzas. La diferencia de velocidades tiene, para Descartes, dos consecuencias: la primera es que las partes del segundo elemento obligan a girar al planeta alrededor de su eje; la segunda es que se formarán remolinos en la materia circundante del planeta, de modo que otro cuerpo puede verse atrapado, en función de su fuerza de resistencia, en ese remolino. Se forman así los satélites de los planetas.

Esta configuración del universo también permite explicar el fenómeno de la luz. Se produce por el movimiento, más o menos circular y a gran velocidad, de las partes del primer elemento en el centro de los torbellinos. La tendencia al movimiento rectilíneo de los cuerpos en rotación hace que estas partes presionen sobre las del segundo elemento. La presión se transmite en línea recta desde el centro al exterior del torbellino, y es reflejada si en la trayectoria de transmisión hay un planeta. Cuando esa presión alcanza el sentido de la vista se inicia en nosotros un complejo proceso que finaliza con el reconocimiento del fenómeno de la luz.

Consecuentemente ofrece Descartes una caracterización óptica de los elementos. El primer elemento es el que emite la luz y también se puede llamar elemento luminoso; el segundo elemento transmite la luz y también se le denomina elemento transparente; el tercer elemento refleja la luz y se le da el nombre de opaco.

Todo ello constituye la parte central de la fábula. Descartes insiste en que no pretende contar la historia del universo. Puede ocurrir que el universo no tenga historia, "que Adán y Eva no fueran creados niños, sino con la edad de hombres perfectos", y que todo lo que la omnipotencia de Dios ha hecho "tuvo *desde sus comienzos* toda la perfección que debía tener".[40] No dice esto por respeto a la Iglesia, sino por respeto a sus convicciones metodológicas y ontológicas. Lo que quiere transmitir, a mi juicio, es que el mundo nos es dado tal como aparece. Ni siquiera se trata de un límite cognoscitivo, sino el punto de partida del pensamiento. Lo interesante es que a partir del análisis de lo dado a la experiencia sensible podemos concluir que hay una unidad interna que lo vertebra. Ésta es la moraleja de la historia, otra historia de héroes y paladines, que Descartes nos ha contado.

EL DOMINIO DE LA NATURALEZA

Quiero terminar este trabajo volviendo la mirada a la Machine de Marly. Pretendo

[40] *Ibid.*, p. 148.

insistir en la tercera característica que atribuía a la época barroca, a saber, el sometimiento que se hace de la naturaleza con el fin de solucionar problemas prácticos concretos y, en relación con ello, el avance tecnológico que se produce.

La Machine de Marly fue una gran obra técnica en la que trabajaron los mejores matemáticos e ingenieros de la corte de Luis XIV, y se convirtió en un símbolo del progreso científico y tecnológico. Representa la imagen de la ciencia moderna: autónoma, pública y puesta al servicio del progreso de la sociedad. Se entiende mejor la novedad de estas características por contraposición con el conocimiento disponible en la época, en el que confluyen la tradición hermética, la alquimia, la astrología, la magia, etcétera.

Cambia también la imagen del sabio. Ahora surge fuera de las viejas instituciones en las que se centralizaba y certificaba el saber, y tiene que ver con el artista y a la vez ingeniero capaz de construir canales, diques, fortificaciones; capaz, en definitiva, de resolver de manera eficaz y fiable problemas prácticos concretos.

A partir de estas consideraciones ha surgido, dentro de la filosofía de la ciencia, una polémica en tomo a los autores de la ciencia moderna. Por un lado, Laberthonnière o Zilsel defienden que son los artesanos y los ingenieros que trabajan en talleres con sofisticados instrumentos los que desarrollan la nueva ciencia. Por otro lado, autores como Koyré sostienen la tesis de que la nueva ciencia fue creada por teóricos y filósofos como Descartes, y que gracias a sus teorías se produjo el desarrollo tecnológico e instrumental del que se aprovecharon artesanos e ingenieros.

Sin entrar en el debate, la perspectiva metodológica expuesta por Descartes en las *Reglas* aporta una interesante reflexión sobre el asunto. El trabajo del científico consiste en la detección de las naturalezas simples o partes necesarias de su respectivo objeto de estudio y en el análisis de las conexiones, también necesarias, entre dichas partes. Con ello perdemos de vista lo que el fenómeno tiene de individual y concreto, sus partes contingentes, pero a cambio obtenemos un conocimiento de su naturaleza, de aquello en lo que consiste. A partir de ahora quizá sea el poeta el único que permanece en lo contingente, se recrea en ello y lo describe con el ánimo de poner de manifiesto no la esencia de lo que se encuentra sino, por el contrario, lo que ello tiene de único, de irrepetible, de privado, de fugaz. El científico se dedica a otra cosa, su trabajo trata de desentrañar la necesidad implícita en las cosas y, en último extremo, de hacer comprensible lo contingente desde lo necesario.

¿Y todo ello para qué? O dicho de otro modo: el ser humano tiene la posibilidad de permanecer en lo contingente, e incluso de disfrutar con ello, de pasar los días viviéndolo y, por así decir, saborearlo hasta en sus partes más efímeras; ¿por qué iniciar la búsqueda de lo necesario? Descartes liga esta pregunta al problema de la libertad; tenemos la libertad de iniciar el viaje o de permanecer en nuestro trato habitual y cotidiano con las cosas. Pero

en lo que tiene que ver con el asunto que estamos tratando, que es el de la relación entre ciencia y tecnología, la respuesta es que el conocimiento de las partes necesarias nos permite resolver problemas prácticos concretos. Problemas que tienen que ver con nuestro acomodo al entorno en el que vivimos: con la construcción de las viviendas, con el transporte del agua y de mercancías, con enfermedades de diverso tipo, con el buen gobierno de los países, con las relaciones pacíficas entre los pueblos, etcétera.

Ello es así porque sólo el conocimiento de las partes necesarias nos permite transformar la realidad mediante la modificación o la anulación de dichas partes. Es decir, los problemas se pueden solucionar, podemos sentimos mejor en el entorno que nos ha tocado vivir, mediante el conocimiento, primero, y la manipulación, después, de los componentes esenciales de nuestro mundo.

Por consiguiente: es posible permanecer en el mundo inmediatamente dado a la experiencia sensible, recrearnos en él, disfrutarlo y apurarlo. Pero esta actitud conlleva también asumir pasivamente lo que menos nos gusta, lo desagradable, lo problemático. Y ciertamente se puede asumir como aquello que nos ha tocado vivir. Pero Descartes nos invita a no permanecer pasivos, a no asumir los proyectos dados, sino a transformar la realidad en función de los propios proyectos. Quizá ahora, casi cuatrocientos años después, estemos en disposición de evaluar nítidamente las consecuencias de este planteamiento.

REFERENCIAS

Adam, Ch. y P. Tannery (ed.), *Euvres de Descartes*, 11 tomos, París, J. Vrin, 1961-1971.

Alquie, E, *La découverte métaphysique de l'homme chez Descartes*, París, Presses Universitaires de France, 1994.

Álvarez, C. y J. R. Martínez (ed.), *Descartes y la ciencia del siglo XVII*, México, Siglo XXI, 2000.

Baillet, A., *La vie de monsieur Descartes*, Hildesheim, G. Olms Verlag, 1972.

Bertacco, D., *Descartes e la questione della tecnica*, Padua, Il Poligrafo, 2003.

Castex, J., *Renacimiento, barroco y clasicismo: historia de la arquitectura, 1420-1720*, Madrid, Akal, 1994.

Chica Blas, A., *Descartes: geometría y método*, Madrid, Nivola, 2001.

Clarke, D. M., *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Madrid, Alianza Editorial, 1986.

Descartes, R., *Meditaciones metafísicas*, Madrid, Alfaguara, 1977.

———, *Reglas para la dirección del espíritu*, Madrid, Alianza Editorial, 1989.

———, *El mundo o el tratado de la luz*, Madrid, Alianza Editorial, 1991.

———, *Los principios de filosofía*, Madrid, Alianza Editorial, 1995.

Garber, D., *Descartes' Metaphysical Physics*, Chicago, University of Chicago Press, 1992.

Gaukroger, S., *Descartes' System of Natural Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

Gilson, E., *Études sur le role de la pensée médiévale dans la formation du systeme cartésien*, París, J. Vrin, 1975.

Gouhier, H., *Les premières pensées de Descartes*, París, J. Vrin, 1958.

Hamelin, O., *El sistema de Descartes*, Buenos Aires, Losada, 1949.

Koyré, A., *Estudios galileanos*, Madrid, Siglo xxi, 1990.

Lablaude, P. A., *Die Gärten von Varsailles*, Werner, Worms, 1995.

Mosser, T., *The History of Garden Design*, Londres, Thames & Hudson, 1991.

Mouy, P., *Le développement de la physique cartésienne*, Nueva York, Amo, 1981.

Rioja, A., Ordóñez, J., *Teorías del universo*, vol. II, Madrid, Síntesis, 1999.

Robinet, A., *Descartes, la lumière naturelle: intuition, disposition, complexion*, París, J. Vrin, 1999.

Rodis-Lewis, G, *L'oeuvre de Descartes*, París, J. Vrin, 1971.

Toman, R., *El barroco. Arquitectura, escultura, pintura*, Colonia, Konemann, 1997.

Williams, B. A., *Descartes, el proyecto de la investigación pura*, Madrid, Cátedra, 1996.

CAPÍTULO 6

ISAAC NEWTON: EL IMPERIO DE LA MECÁNICA RACIONAL

José Luis González Recio

LA INFANCIA

Isaac Newton nació el día de Navidad de 1642 en Woolsthorpe, un pueblo del condado de Lincolnshire, Inglaterra. Su padre, pequeño terrateniente, había muerto antes de que él naciera dejando a la familia en condiciones económicas difíciles. Probablemente, tal circunstancia hizo que su madre no tardara en volver a casarse. En efecto, Hannah Ayscough contrajo matrimonio, poco después de morir el padre de Newton, con el reverendo Barnabas Smith, y se trasladó a casa de éste con sus hijos, en la aldea próxima de North Witham. Como es señalado habitualmente en las biografías del científico, el reverendo Smith "no tenía la menor intención de hacerse cargo de aquel hijo que no era suyo, por lo que el pequeño [...] fue confiado a los cuidados de su abuela [...]. No sabemos hasta qué punto sintió Newton el peso de esta situación familiar. Lo único cierto es que creció tímido y suspicaz, con muchas dificultades para relacionarse con los demás; características que, con el transcurso del tiempo, se harán cada vez más evidentes, hasta convertirse en el aspecto más destacado de su historia personal".[1] Tras acudir a dos escuelas de la comarca, a los doce años continúa sus estudios en la King's School de Grantham, donde residirá durante todo el curso, pues no le era posible regresar diariamente a Woolsthorpe. Newton es ya en estos momentos de su vida un niño lleno de curiosidad. Hace anotaciones sobre los libros que lee y llega a realizar la maqueta de un molino con tanta destreza, que funciona reproduciendo exactamente el original.

Su patente capacidad intelectual hace que la familia procure enviarle a Cambridge. No era fácil conseguir que fuera admitido, dado su humilde origen.

> En aquella época la universidad era un privilegio destinado a una élite muy restringida, y eran pocos los jóvenes de la extracción social de Newton que conseguían llegar a ese nivel de estudios [...]. La pensión de un *College* universitario [alcanzaba las] 45 libras esterlinas, cifra insostenible para una familia como la

[1] I. Belmonte *et al., Newton,* Madrid, Debate, 1983, p. 10.

de Newton, si se tiene en cuenta que su propiedad agrícola rendía a lo sumo poco más de 80 libras esterlinas anuales.[2]

Cambridge, como la mayoría de las universidades británicas y europeas, dependía aún de la inflexible influencia del aristotelismo. Hacía siglos que se estudiaban las mismas materias. Dentro de la formación superior estaban incluidas la filosofía, la política, la ética y la física. Junto a tales disciplinas se recibía también formación en dialéctica, matemáticas, griego, latín y, con carácter optativo, hebreo. Un panorama, pues, similar al que Galileo encontró en su Italia natal, cosa no demasiado extraña si tenemos en cuenta que Newton nace el año de la muerte del científico italiano.

Por lo que se refiere a las circunstancias históricas que rodearon aquellos primeros años de la vida de Newton, lo más destacable es el final de la guerra civil que ha vivido su país. Adrián García Jiménez describe así la situación política que atravesaba Gran Bretaña:

> En 1647, Carlos I se ha refugiado en Escocia para ensayar un nuevo levantamiento [...], fracasando una vez más. El absolutismo de Carlos I ha encallado; ni su política de unidad nacional, ni sus sueños de gobierno personal y autoritario sobre los reinos unidos de Gran Bretaña e Irlanda, ni [...] su política de unidad religiosa han satisfecho a la mayoría del pueblo. Ha chocado, por otra parte, con la Cámara de los Comunes, pretendiendo jugar con ella a su antojo. También ha chocado con los puritanos y los escoceses. Su fin se ha escrito este año en el terreno militar. El 30 de enero de 1647 cayó la cabeza de Carlos I ante un pueblo estupefacto que aún no podía asimilar este tratamiento para un rey que quiso proclamar la institución divina del gobierno monárquico. En torno a Cromwell se habían aglutinado en un principio, tanto los parlamentarios y los anglicanos, como los puritanos. Su gran triunfo en el campo de batalla le hizo adquirir un prestigio extraordinario. Pero su ideal puritano tampoco coincidía con el de la mayoría anglicana. Disolvió la Cámara de los Lores, depuró la Cámara de los Comunes y se dio paso a su mandato personal en mayo de 1649 bajo una constitución republicana [...], hasta su muerte en 1658. La guerra civil ha terminado. Ha sido una larga lucha que ha agotado a Inglaterra, Escocia e Irlanda. Su huella ha quedado grabada sobre la conciencia del pueblo que la ha tenido que mantener durante seis años.[3]

Pese al anquilosamiento de la universidad, la filosofía de Descartes se ha difundido con rapidez por Europa. Una imagen renovada de la naturaleza comienza a extenderse entre quienes están dispuestos a mirar con nuevos ojos al nuevo tiempo que se avecina. El filósofo francés proponía una concepción del universo que lo equiparaba a

[2] *Ibid.*, p. 12.

[3] A. García Jiménez, *Isaac Newton (1642-1727)*, Barcelona, Urbión, 1984, p. 20.

una gran máquina. Descartes ha empezado a dar los primeros pasos para la concreción teórica de su programa, y su física empieza a gozar de crédito. Galileo había mostrado que la vieja filosofía natural aristotélica era, a la vez, inapropiada y sustituible por otra filosofía de la naturaleza matemática que se adaptaba por completo a la justificación de la hipótesis copernicana:

> Descartes estaba convencido de que su sistema era exacto y de que sólo eran necesarias algunas tareas de pulimiento en cuanto a algunos detalles; en realidad, muy pronto aparecieron errores e imperfecciones y todo el sistema no habría de resistir la interpretación del universo formulada por Newton. Pero, de todos modos, la importancia de Descartes en la historia de la ciencia fue extraordinaria: estableció ante sus contemporáneos el ideal claro y transparente de un sistema de interpretación de la naturaleza que tenía que confiar únicamente en concepciones y métodos prestados por las matemáticas.[4]

Esta nueva ciencia, esta nueva filosofía del universo será el punto de partida para Newton. Tendrá que atender simultáneamente a las antiguas ideas medievales y al nuevo proyecto de física-matemática que circula por Europa. Sin embargo, su actitud intelectual lo acerca de inmediato a lo que será la generación de científicos ingleses e irlandeses comprometidos con la idea de renovación, integrada por Hooke, Boyle, Oldenburg, etc. En lo que tiene que ver con el ambiente religioso, Cambridge constituía una "singular isla de moderación, un oasis en una nación en la que los conflictos de religión generaban polémicas violentas continuas. Esta tolerancia tenía origen en el acento particular que se le daba a la religiosidad, vivida más como experiencia interior que como una suma de artículos de fe. 'Lanzarse contra la razón es lanzarse contra Dios': [...] idea que dejará una señal indeleble en la religiosidad de Newton –se dice dentro la biografía de Belmonte–, sobre todo gracias a la influencia de Henry More, académico ilustre, originario de Grantham, que después habría de convertirse en su amigo íntimo".[5]

PRIMEROS AÑOS EN CAMBRIDGE

En 1663, llega a Cambridge Isaac Barrow. Ocupará la cátedra de matemáticas fundada y financiada por el matemático Henry Lucas, y que por esa razón es conocida como la cátedra lucasiana. Barrow estaba obligado a enseñar, además de matemáticas, astronomía, óptica, estática y geografía. Disponía, asimismo, de la posibilidad de encargar la adquisición de libros o instrumentos científicos. La relación de Newton con Barrow –al igual que con Henry More, según acabamos de indicar– fue de enorme trascendencia. Barrow era un excelente profesor que no tardó en percibir las apti-

[4] I. Belmonte *et al.*, *op. cit.*, p. 19.

[5] *Idem.*

tudes extraordinarias de Newton, quien se licencia en 1665. Ese mismo año se declara una epidemia de peste, obligando a la universidad a interrumpir sus actividades ordinarias. Newton marcha a Woolsthorpe, donde permanecerá por espacio de año y medio. Entregado a una actividad desbordante, allí realizará progresos definitivos en el campo de las matemáticas, la óptica y la mecánica; progresos no sólo en su carrera personal como científico, sino progresos para todo el pensamiento occidental. Aunque continúe investigando con posterioridad, con veintidós años, durante aquella estancia en la campiña inglesa, establece los principios del cálculo infinitesimal, aborda la cuestión de la naturaleza de la luz y los colores, perfecciona la construcción de telescopios y entra en el fascinante mundo de la mecánica.

FELLOW EN EL TRINITY COLLEGE. LA TEORÍA DE LA LUZ

En 1667, la Universidad de Cambridge vuelve a funcionar con normalidad. Newton regresa a la pequeña ciudad. Ese año es admitido como *fellow* del Trinity College, el siguiente es nombrado *Master of Arts* y en 1699 sustituye a Barrow en la cátedra lucasiana. Las lecciones de Newton no tardan en hacerse famosas. Los científicos de la época muestran su interés y quieren conocer el resultado de sus investigaciones. Newton construye un nuevo telescopio y ofrece sus hallazgos a la Royal Society, que había sido fundada pocos años antes. Inmediatamente se solicita el ingreso de Newton en la institución. Éste se dirige a su secretario –Oldenburg– agradeciéndole la favorable disposición de sus miembros y añadiendo que "si lo elegían sabría demostrar su gratitud comunicando –dice– 'cuanto puedan hacer mis pobres y solitarios intentos en pro de vuestros designios filosóficos'".[6] Así lo cumple. En 1672, envía a la Sociedad Real un extracto de sus lecciones de óptica que será recibido con inusitado interés. Se producen muy pronto reacciones tanto favorables como críticas. Entre estas últimas la más virulenta será la de Robert Hooke:

> Hooke –miembro de la Royal Society– que tenía a su cargo la dirección y realización de los experimentos, parecía escéptico al principio. Tan habituado estaba a la realización de multitud de experimentos que no puede entender que una persona siete años más joven que él y con menos experiencia pueda haber deducido tan osadas y trascendentes conclusiones. Quizá no comprendiera claramente que la cuestión no reside solamente en hacer muchos experimentos, sino en hacerlos de forma más clara y más susceptible de interpretación. Al mismo tiempo, Hooke hubiera necesitado las dotes matemáticas de Newton. En 1665 Hooke había publicado su libro *Micrografía,* en el cual expone su teoría sobre la luz: por eso ha creído ver en el documento de Newton una airada refutación de la suya. El 8 de

[6] Citado en A. García Jiménez, *op. cit.*, p. 75.

febrero de 1672, Newton leyó ante la asamblea de la Royal Society su nueva *Teoría de la luz y los colores.* La Sociedad felicitó solemnemente a su autor por su "ingenioso discurso" [que] se pasó al libro de actas, y se pidió a tres miembros de la Sociedad que lo leyesen y lo analizasen. Uno de ellos era precisamente Hooke. Reprocha –Hooke– a Newton el no haber tenido en consideración las ideas de los científicos contemporáneos. Ni su tratamiento ni su forma ni su contenido estaban "homologados" a las modernas contribuciones. Le acusa de haber hecho caso omiso de todas las teorías corrientes, sin que en ningún momento haya acudido a ellas para su refutación o aprobación. Este informe disgustó a Newton. Le molestó enormemente el tono diplomático con que estaba redactado y las sutilezas acusatorias. No tenía ningunas ganas de verse envuelto en enfrentamientos viciosos. Seguía pensando que estos comentarios de Hooke eran anacrónicos y fuera de lugar.[7]

La polémica, no obstante, no ha hecho más que empezar. Cartesianos y defensores de la hipótesis ondulatoria –Huygens en especial– impugnarán la teoría corpuscular de Newton. Todo ello le hará odiar a partir de entonces los debates e incluso le moverá a solicitar la baja en la Sociedad; baja que, sin embargo, Oldenburg no aceptó.

A lo largo de veinte años Newton explica matemáticas, óptica y mecánica en Cambridge. Sus clases se basaban directamente en los trabajos de investigación que realizaba. En ellas no se preocupaba por ser especialmente didáctico y, de hecho, no tuvo nunca un número elevado de alumnos. Las lecciones de óptica tuvieron que resultar profundamente innovadoras. Los enfoques de la nueva física y de la vieja filosofía natural resultaban heterogéneos. Newton sabrá conciliarlos, puesto que se va a seguir preguntando por la naturaleza de la luz, pero comprenderá que hay que dar a la respuesta una orientación acorde con la filosofía mecánica y geométrica. Descartes ya había formulado su ley de la refracción, pero la teoría de los colores se había modificado muy poco desde la Antigüedad. Se suponía que los cuerpos poseedores de color emitían corpúsculos cromáticos y, por consiguiente, se creía que el color era una cualidad de los objetos.

> La idea predominante era que el color suponía una característica más que se añadía al rayo luminoso, de por sí incoloro, después del impacto sobre los cuerpos con color. Por lo tanto, una cosa era el comportamiento de la luz, calculable y estudiado por medio de leyes exactas por los físicos; y otra el discurso sobre los colores, todavía vago, no vinculado [...] a ninguna "cantidad" mensurable y, en consecuencia, asignado a los filósofos que estudiaban la naturaleza de las cosas.[8]

Newton tomó la dirección adecuada en el estudio del problema. La cuestión con-

[7] *Ibid.*, pp. 79-80.

[8] I. Belmonte *et al.*, *op. cit.*, p. 31.

sistía en averiguar en qué relación se encontraban los distintos colores con la luz blanca, y en hacerla de un modo auténticamente experimental y no especulativo. Dentro de una habitación oscura realizó un pequeño orificio en la ventana por el que podía penetrar un rayo de sol. Situó, después, un prisma triangular en el camino del rayo, y más lejos aún una pantalla en la que quedaban recogidos los rayos. Era conocido que, al colocar así el prisma óptico, en la pantalla aparecían los colores del espectro: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta. De acuerdo con la ley de Descartes, la figura que debía aparecer en la pantalla era un círculo, dado que se suponía que la luz incidente en el prisma tenía una sola naturaleza. No obstante, la figura que siempre se formaba era aproximadamente una elipse. Newton modificó de diferente manera las condiciones del experimento, pero los resultados permanecieron invariables. Se le ocurrió entonces considerar a la luz blanca compuesta de rayos distintos, correspondientes a los diversos colores del espectro. El color rojo sufría la desviación mínima y el violeta, la máxima. En conjunto, los siete colores, con sus desviaciones respectivas, componían la forma que la pantalla recogía. Esto implicaba, primero, que cada color poseía su propio ángulo de refracción y, segundo, que la luz constaba en sí misma de esos diferentes colores. Con objeto de comprobar que no se equivocaba, y que cada rayo estaba sometido a una refracción característica y permanente, ideó un segundo experimento. Situó, en el lugar donde antes había puesto la pantalla, una tablilla con un orificio tan pequeño como para que sólo dejara pasar la luz de un único color; a cierta distancia dispuso un segundo prisma al que llegaba ese color; finalmente, el rayo era recogido en la pared. Los resultados fueron los que esperaba. Los rayos conservaban su color y mantenían también sus ángulos de refracción. Resultaba claro, pues, que la luz se componía de aquellos rayos y que el color pertenecía a ella y no a los objetos coloreados.[9] Éstas fueron las revolucionarias conclusiones que hizo públicas a través de su comunicación a la Royal Society; las que despertaron tanto asombro, tantas adhesiones y tanta oposición.

LA MECÁNICA

El centro de atención de Newton pasa de la óptica a la mecánica cuando entramos en la década de los ochenta. Numerosos científicos se están ocupando de los movimientos planetarios. La física celeste constituía un campo de investigación al alza desde que Kepler había superado la vieja separación entre la astronomía geométrica y la cosmología. Los astrónomos alejandrinos tuvieron que entregarse al cálculo geométrico para dar cuenta de las observaciones que realizaban en términos de los dos axiomas pitagórico-platónicos: el de la uniformidad y el de la circularidad de los movimientos planetarios. Los complejos sistemas de construcciones geométricas capa-

[9] Cf., *op.cit.,* p. 33.

ces de justificar las apariencias no podían tomarse como realmente existentes en el cielo. Se produce, entonces, el divorcio entre astronomía física y astronomía geométrica, que perdura en parte aún en la obra de Copérnico y que sólo Kepler disolverá cuando explicite en su *Astronomia nova* que pretende estar elaborando no sólo una geometría, sino también una física celeste. Su contribución a tal objetivo es esencial, pues las tres leyes que establece abren el camino a la formulación de la ley de la gravitación universal. Tal fuerza gravitatoria estaba siendo considerada en la época de Newton tanto por Edmund Halley como por Robert Hooke. La cuestión era, sin embargo, que ninguno de ellos había sido capaz de traducirla matemáticamente ni de explicar por qué obligaba a los planetas a describir órbitas elípticas:

> Un día de enero [de 1684 –nos cuentan los biógrafos de Newton–, Christopher Wren, Edmond Halley y Robert Hooke] se citaron en una taberna con el fin de discutir el tema, admitiendo sus fracasos. En ese momento, Wren, con el propósito de alentarse a sí mismo tanto como a los otros, llegó a prometer la edición de un libro de 40 chelines de valor como premio a quien, en el lapso de dos meses, lograse suministrar una demostración de la ley. [En agosto] Halley se dirigió adrede a Cambridge para saber qué pensaría Newton del asunto, en espera, evidentemente, de una contribución suya al problema. Ante la [...] pregunta: "¿Cuál sería la curva descrita por los planetas en la hipótesis de que la fuerza gravitacional actuase en razón inversa al cuadrado de la distancia?", Newton contestó inmediatamente: "Una elipse". [...] Sorprendido, Halley le preguntó cómo había llegado a saberlo. "¿Cómo?, [...] lo he calculado"[...]. [El interés de Newton] por la astronomía, por los movimientos planetarios en especial, había sido despertado precisamente por Hooke en noviembre de 1679. En su calidad de secretario de la Royal Society, éste le había escrito informándole sobre los debates en curso y exponiéndole algunas ideas propias acerca de mecánica celeste; le solicitaba amistosamente que efectuase una valoración al respecto. Newton contestó que hacía mucho tiempo que se dedicaba a otros temas y que había dejado de estar al día acerca de los estudios más recientes, y recordó su decisión de mantenerse alejado de las discusiones sobre filosofía natural [...]. A pesar de esto, la correspondencia continuó, siempre con escaso entusiasmo por parte de Newton, referida a distintos temas. En una ocasión, al escribir sobre el efecto de la rotación terrestre sobre un cuerpo en caída libre, cometió un error, y Hooke, que en sus cartas solía ser muy respetuoso, no perdió la ocasión de subrayarlo públicamente en una sesión de la Royal Society. Newton se irritó sobremanera y procuró, secamente, interrumpir la correspondencia, pero infravaloraba la obstinación de Hooke que, sinceramente interesado en los problemas planteados, siguió escribiéndole para [exponerle] sus descubrimientos e intuiciones. En suma:

de este intercambio de cartas Newton extrajo nuevos motivos de hostilidad hacia Hooke, pero, también, el estímulo para muchas reflexiones que acabaron siendo de importancia decisiva. En enero de 1680, aquél le envió otra carta que terminaba con la misma pregunta sobre la trayectoria de los planetas que Halley habría de plantearle cuatro años después –tras la reunión de los tres científicos en la taberna, como hemos dicho antes–. "No dudo de que usted, gracias a su excelente método [concluía Hooke], encontrará fácilmente el resultado, es decir, de qué curva se trata y cuáles son sus propiedades".[10]

Hooke confiaba en Newton con sobrados motivos. En poco tiempo, el profesor de Cambridge encontró respuesta no ya a las limitadas preguntas que se le hacían sino a muchas más. Se inicia así el camino hacia la redacción y publicación de los *Principia.* Hay una etapa intermedia de importancia, no obstante. En pocos meses escribe el *De motu corporum.* La tarea resultaba titánica, puede decirse sin exagerar. Además de tenerse por cierta la existencia de la fuerza gravitatoria, Kepler, Hooke y algún discípulo de Galileo como Borelli ya habían concebido la necesidad de recurrir a dos fuerzas actuantes sobre los planetas para justificar su trayectoria. Aun así, todo estaba por hacer, puesto que lo que hacía falta era dar forma matemática al planteamiento y las soluciones. Newton fue consciente de la altura de la empresa que acometía y el título que dará a su obra de 1687 –*Philosophice naturalis principia matemática*– lo muestra expresamente. Ya en el *De motu* aparecen aportaciones decisivas, como las traducciones matemáticas de las nociones de fuerza, inercia o masa. La idea de *masa inercial* que presentaba poseía un valor muy singular. En Galileo aparece ya un empleo del principio de inercia, si bien se trataba del concepto de inercia circular. Asimismo, la dinámica de Aristóteles suponía que el único estado físico que no necesitaba explicación era el reposo y que un movimiento mantenido exigía una causa también constante. Kepler, en este orden de cosas, sigue siendo por completo aristotélico. Él, que es quien acuña el término *inercia,* piensa siempre que ésta es una tendencia al reposo. Descartes propone en *El mundo* y *Los principios de la filosofía* una ley de inercia rectilínea, y éste será el punto de partida de Newton. Las trayectorias de los planetas son concebidas por él como resultado de dos movimientos combinados: el movimiento inercial en línea recta a velocidad constante, y el que los llevaría hacia el Sol. El movimiento resultante de ambos es el sometido a la trayectoria elíptica que en realidad siguen los planetas.

En 1684, la Royal Society recibe y conoce el *De motu.* Despierta tanta admiración que se solicita de Newton que amplíe su contenido en una obra mayor, a lo que accede. Dos años después, aparece el primer libro de los *Principia,* al que seguirán dos más, terminados hacia el verano de 1687. Hooke tenía reservados a Newton nuevos momentos de disgusto, con todo. Exigía

[10] *Ibid.,* p. 38.

que se le mencionase como adelantado en el descubrimiento de la ley de la gravitación. Es verdad que el requerimiento que hacía no carecía de algún fundamento, pero a estas alturas Newton ya no fue capaz de soportar las repetidas intromisiones de Hooke en su labor. Respondió, por ello, en un tono muy duro:

> [...] no ha hecho nada, y no obstante ha escrito como si supiese o hubiese profundizado todo suficientemente, a excepción de lo que todavía tenía que ser determinado con observaciones y cálculos laboriosos, excusándose de no haber podido efectuar dicha tarea porque estaba dedicado a otras actividades, mientras que, más bien, habría debido excusarse por su incapacidad. Porque resulta claro, de sus propias palabras, que no era capaz de resolver tales problemas. Ahora bien –continuaba–, ¿es quizás aceptable todo esto? Los matemáticos, que estudian, calculan y hacen otras cosas propias del género, tienen que conformarse con no ser otra cosa que hábiles calculadores y mostrarse resistentes a toda fatiga; y uno de ellos, que no hace nada y en cambio pretende entenderlo todo, ¿tiene que atribuirse cuanta invención haya, la de aquellos que lo siguen y la de aquellos que lo han precedido?.[11]

Newton llegó a decir que si se le exigía citar a Hooke en el tercer libro, prefería no publicarlo; y sólo, gracias a los buenos oficios de Halley, consintió mencionarlo junto a otros científicos en una nota a pie de página.[12]

El comportamiento mecánico de todo el universo es explicado en los *Principia* a partir de muy pocas leyes y a través de una rigurosa estructura matemático-deductiva. En el primer libro aparecen estudiados los movimientos que tienen lugar en ausencia de fuerzas de resistencia. Antes de iniciarse propiamente este Libro I, se formulan ya las tres famosas leyes de la mecánica newtoniana:

1. Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas.
2. El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza.
3. Para toda acción hay una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias.[13]

La demostración de las leyes de Kepler figura en esta parte de la obra. En el Libro II se generaliza la aplicabilidad de las leyes descubiertas en presencia de medios que ofrezcan resistencia. El Libro III lleva

[11] *Ibid.,* p. 42.

[12] Cf., *ibid.,* p. 42.

[13] *Philosophiae naturalis principia mathematica,* axiomas o leyes del movimiento. Reproducimos la traducción que hace de ellas Antonio Escohotado en su versión de los *Principia* (Madrid, Editora Nacional, 1982, pp. 237-238).

los principios mecánicos establecidos al estudio de los movimientos de los cuerpos celestes. Se logra allí, en consecuencia, la unificación de la mecánica del cielo con la de los fenómenos terrestres. La imagen del cosmos aristotélico ha sido derrotada en todos sus extremos, con su escisión insuperable entre los mundos sublunar y supralunar. El universo se rige por leyes invariables a lo largo de su extensión infinita. Tal es la nueva imagen de la naturaleza. Los tres principios de la mecánica y la ley de la gravitación universal extienden su imperio por el espacio infinito. La ley de la gravitación (Libro III, proposición VII) de acuerdo con la cual: "La fuerza de la gravedad entre dos cuerpos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos y proporcional a la cantidad de materia [masa] que cada uno contiene".

$$F = G\frac{M \cdot m}{r^2}$$

LAS *REGULAE PHILOSOPHANDI*

Como introducción a este Libro III, Newton incluye sus famosas *Regulae philosophandi* con la intención de justificar la aplicación de los principios de su mecánica a regiones en las que no es posible una corroboración experimental. Dicen así:

1ª No deben admitirse más causas de las cosas naturales que aquellas que sean verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos.

2ª Por ello, en tanto que sea posible, hay que asignar las mismas causas a los efectos naturales del mismo género.

3ª Han de considerarse cualidades de todos los cuerpos aquellas que no pueden aumentar ni disminuir y que afectan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos.

4ª Las proposiciones obtenidas por inducción a partir de los fenómenos, pese a las hipótesis contrarias, han de ser tenidas en filosofía experimental por verdaderas exacta o muy aproximadamente, hasta que aparezcan otros fenómenos que las hagan o más exactas o expuestas a excepciones.

Las *Regulae philosophandi* aparecieron en la segunda y tercera ediciones de los *Principia,* sustituyendo a una serie de proposiciones que figuraban en la primera edición bajo el título de "Hipótesis". En conjunto constituyen los preceptos metodológicos de la filosofía natural newtoniana. La primera regla enuncia el principio de simplicidad de la naturaleza; la segunda, la aplicación del mismo; la tercera formula un principio de uniformidad, y la cuarta es una defensa de la inducción. Resulta particularmente llamativo el extenso párrafo que acompaña a la Regla III, en donde Newton alude al carácter *empírico* de las cualidades primarias de los cuerpos, en contraposición a la doctrina filosófica cartesiana. Las cualidades de los cuerpos nos son reveladas por la experiencia, y cuando ésta nos muestra las mismas relaciones y propiedades en distintos cuerpos –como

ocurre en el caso de la gravedad–, *podemos inferir* que tal propiedad o relación pertenece a todos los demás. Partiendo de la observación y la experimentación podemos hacer generalizaciones gracias a esta regla, es decir, en virtud del principio de uniformidad de la naturaleza. La inferencia inductiva, por tanto, está fundada en él. Roger Cotes, dentro del prefacio a la segunda edición de los *Principia,* declaraba:

> Las conclusiones que anteceden se basan en el siguiente axioma que todos los filósofos aceptan: las causas y las propiedades de los efectos que aún no se conocen, y que son del mismo género que los que se conocen, son causas y propiedades iguales a las de los efectos que se conocen [...]. Toda la ciencia se basa en esta regla, puesto que si la suprimimos nada podríamos afirmar universalmente. La constitución de las cosas singulares se hace patente por medio de las observaciones y los experimentos, y, por tanto, sólo mediante esta regla podemos hablar de la naturaleza de todas las cosas.[14]

EL ECO DE LOS *PRINCIPIA*

Las reacciones a los *Principia* no se hicieron esperar. Los cartesianos recibieron la obra con hostilidad y percibieron desde el primer momento que su título *(Principios matemáticos de la filosofía natural)* era una réplica a los *Principios de filosofía* de Descartes. La difusión de la mecánica newtoniana en Francia sufrió, por ello, un retraso considerable. Sin embargo, otros científicos, Huygens, por ejemplo, tampoco se mostraron partidarios del sistema de Newton. Existía en él, ciertamente, un aspecto fácil de atacar. Newton consagraba a la atracción gravitatoria como agente universal que justificaba la dinámica celeste y terrestre, pero no explicaba su modo de actuación, su naturaleza. Para muchos, tal cosa equivalía a la introducción de las antiguas causas ocultas, de las cualidades fantasmagóricas. Por si fuera poco, Newton mismo había confesado que renunciaba a explicitar la naturaleza de la gravitación. Para él era suficiente poder calcular matemáticamente su valor, sus efectos. En el Escolio General con que concluye el Libro III de los *Principa* afirma:

> Hasta aquí hemos explicado los fenómenos de los cielos y de nuestro mar por la fuerza gravitatoria, pero no hemos asignado aún causa a esa fuerza. Es seguro que debe proceder de una causa que penetra hasta los centros mismos del Sol y los planetas, sin sufrir la más mínima disminución de su fuerza; que no opera de acuerdo con la cantidad de las superficies de las partículas sobre las que actúa (como suele acontecer con las causas mecánicas), sino de acuerdo con la cantidad de materia sólida con-

[14] C. Pérez Hernández, *Hume, intérprete de Newton,* Madrid, Editorial Complutense, 2003, pp. 149-154. (El texto de Cates aparece en *Philosophia naturalis principia mathematica. Cotes II Prafatio in editionem secundam, opera,* vol. 11, p. XVIII.)

> tenida en ellas, propagándose en todas direcciones y hasta inmensas distancias, y decreciendo siempre como el cuadrado inverso de las distancias. La gravitación hacia el Sol está formada por la gravitación hacia las diversas partículas que componen el cuerpo del Sol; y al alejarse del Sol decrece como el cuadrado inverso de las distancias hasta la órbita de Saturno, como demuestra con evidencia la quietud del afelio de los planetas, e incluso el afelio más remoto de los cometas, si tales afelios son también invariables. Pero hasta el presente no he logrado descubrir la causa de esas propiedades de gravedad a partir de los fenómenos, y no finjo hipótesis. Pues todo lo no deducido a partir de los fenómenos ha de llamarse una hipótesis, y las hipótesis metafísicas o físicas, ya sean de cualidades ocultas o mecánicas, carecen de lugar en la filosofía experimental.[15]

Carecen de lugar en la filosofía experimental –cabría reconocer–, pero a Newton le fue imposible no investigarlas en otros dominios. De hecho, en el curso de su vida nunca dejará de buscar la justificación natural o sobrenatural de las fuerzas gravitatorias. Lo hizo siguiendo tres vías: la indagación del papel que pudiera desempeñar el éter como soporte mecánico de la gravitación; el estudio de las propiedades no mecánicas de la materia, y la consideración de la presencia de Dios en el universo. En seguida vamos a comentar la actuación de Dios en su concepción de la naturaleza o los diferentes momentos por los que pasó la hipótesis del éter; primero nos detendremos un instante en el acercamiento que realizó a las propiedades de la materia que estaban más allá de la mecánica, acercamiento que se expresó fundamentalmente en su atención a la alquimia.

EL OTRO NEWTON

Próximo al Newton científico, existía también un Newton preocupado por cuestiones bíblicas, históricas, filológicas y alquímicas. En efecto, Newton prestó también gran atención a la tradición hermética. Ello significó, quizá, una rebelión contra los estrechos límites que la mecánica imponía a la filosofía natural. Si ésta había planteado una radical separación entre cuerpo y espíritu, y explicaba los fenómenos por la necesidad física de las partículas en movimiento, la alquimia ofrecía precisamente la recuperación de todo aquello que la mecánica había rechazado. “Frente a la inactividad y pasividad de la materia, cuyo exponente máximo era la ley de inercia, la alquimia afirmaba la existencia de principios activos como agentes fundamentales de los fenómenos naturales reincorporando en la naturaleza lo que la mecánica había previamente dejado fuera”.[16]

[15] *Philosophia naturalis principia mathematica,* escolio general (versión española de Antonio Escohotado, Madrid, Editora Nacional, 1982, pp. 816-817).

[16] C. Mataix, *Newton,* p. 42.

Tenemos plena constancia del interés –sin límite, en realidad– que Newton sintió por la alquimia. En el Trinity College preparó un laboratorio, y en su biblioteca existían centenares de libros sobre cuestiones alquímicas. La historia tradicional y positivista de la ciencia ha marcado una frontera infranqueable entre la visión de la naturaleza que los neoplatónicos del Renacimiento propusieron –la de Paracelso, muy en especial– y aquella otra que parece triunfar, tras el siglo de Newton, en la Ilustración. Se ha venido dando por sentado que pertenecen a mundos intelectuales escindidos y que no comparten elementos relevantes. La identificación de la Revolución Científica con el progreso técnico y con la consolidación del programa mecanicista resulta un lugar común. Lo cierto es, sin embargo, que el ideal del control de la naturaleza late al unísono en ambas tradiciones. Como Webster se ha encargado de señalar:

> Es tan grande la evidencia que indica el constante interés en filosofías contrarias a la filosofía mecanicista, que la única forma de arreglar esta vasta anomalía ha sido separar a los líderes de la ciencia [...] de la mayoría más crédula y no representativa. Por desgracia para quienes proponen esta teoría, figuras de notable importancia, incluyendo a Newton mismo, [tuvieron] vivo interés por lo oculto. La única manera de encontrar una salida a este fenómeno es adoptar el recurso poco convincente de postular una división de la personalidad, en [aquellos] científicos acusados de ser inconsistentes [con] la práctica del ideal ilustrado.[17]

Newton, no obstante, integró en su personalidad, de forma aparentemente armónica, los diversos centros de atención sobre los que giraba su actividad científica. La influencia en él del neoplatonismo está fuera de cualquier duda. La filosofía experimental y mecánica no agotaba los modos de penetración en los secretos del universo. No hay que olvidar que Newton creyó en la existencia de un espacio y un tiempo absolutos, que se encuentran más allá del conocimiento sensible; que habló en ocasiones de ese espacio viéndolo como el sensorio de Dios; y que se trataba de un concepto con origen en las ideas del neoplatónico More. Había, pues, un mundo definitivamente real y fundante cuya naturaleza dejaba de ser mecánica y que soportaba, aun así, ese otro que se ofrece a nuestra experiencia como portador de propiedades matemáticas que pueden formularse mediante leyes. La alquimia aparecía como una vía de aproximación a dicho mundo paramecánico primario, y Newton no dudó en tomarla, en la convicción de que le podía proporcionar conocimientos de enorme valor.

LOS AÑOS FINALES

En 1696, su vida cambia de manera brusca. Después de tantos años pasados en Cam-

[17] Webster, *De Paracelso a Newton. La magia en la creación de la ciencia moderna* (trad. Ángel Miquel y Claudia Lucotti), México, FCE, 1988, p. 19.

bridge, se le ofrece el puesto de director de la Casa de la Moneda. Acepta y se traslada a Londres. Newton había entrado con anterioridad en el mundo de la política, si bien es cierto que por medio de la universidad. En 1687, el rey Jacobo II quiso que Cambridge concediera un título académico a cierto protegido benedictino. La universidad se opuso –dados los pocos méritos del candidato– y envió una delegación a la corte dentro de la que se encontraba Newton. Parece que su comportamiento en la comisión fue alabado por todos y la defensa que hizo de la autonomía universitaria hábil y tenaz. Consecuencia de ello sería su futura elección, como representante de la universidad en el Parlamento. Desempeñó el cargo, al parecer, con gran fidelidad al rey –entonces ya Guillermo III de Orange–, por lo que éste aceptó de muy buen grado que se convirtiera en director de la Casa de la Moneda cuando Lord Hallifax –ministro de Hacienda– así se lo propuso. El profesor de Cambridge era reconocido en aquellos años como el científico más destacado de toda Europa. Ahora empezaría a serlo como una de las personalidades políticas más brillantes de Inglaterra.

Su ascenso en los honores públicos y académicos lo llevará a convertirse en presidente de la Royal Society el año 1703. La posición que ocupa –tal vez también la muerte de Hooke– le dan la confianza que necesitaba para publicar entonces una obra que tiene terminada hace tiempo y que aparece en 1704: la *Óptica.* Estructurada en tres libros, es una recopilación de las clases que ha impartido en Cambridge sobre esta parte de la física. En el primero de los libros vuelve a examinar sus experimentos con los prismas y aborda el problema de la mejora de los telescopios, así como de otros instrumentos ópticos. En el Libro ii propone su teoría corpuscular de la luz. Por último, en el tercero se ocupa de temas físicos mucho más generales, y plantea, en forma de *cuestiones* –que ampliará en las sucesivas ediciones de la obra–, un conjunto variado de asuntos relativos a la concepción que tiene del universo. Vuelca Newton aquí

> observaciones extraídas no sólo de la astronomía, la mecánica y la óptica, sino también de la química y la fisiología, en un intento de vincular todas estas diferentes disciplinas. No podía proceder del modo orgánico y riguroso que había caracterizado la exposición de los *Principia,* y por consiguiente tenía que limitarse a plantear problemas [...]. A pesar de su forma expresamente no orgánica [...], las cuestiones conforman un marco rico en intuiciones sumamente avanzadas en sectores que por entonces eran prácticamente desconocidos [...]. Su característica principal reside precisamente en dirigirse al futuro de la ciencia. Llevando hasta las [últimas] consecuencias, con plena libertad, su rica experiencia intelectual en relación con la naturaleza, llegó a prefigurar [...] interrogantes y soluciones que marcarán la investigación física durante casi dos siglos.[18]

[18] I. Belmonte *et al., op. cit.,* pp. 61-62.

Newton vivirá aún veintitrés años. Serán años igualmente fecundos, aunque las principales aportaciones de su labor científica estaban concluidas. Cabe mencionar, por su repercusión, la polémica con Leibniz sobre la paternidad del cálculo infinitesimal, que tiene lugar tras la publicación de la *Óptica.* Leibniz había dado a conocer en 1684 su *Nova methodus pro maximis et minimis,* complementado en 1686 con *De geometria recondita.* Newton había redactado en 1668, no obstante, un trabajo que entregó a Barrow, titulado *Análisis para las ecuaciones de un número infinito de términos.* Convertido en libro, aparece en 1704, desatándose una agria polémica. Todo indica que ambos científicos desarrollaron por separado las bases del cálculo infinitesimal, si bien es obligado reconocer que entre los manuscritos de Leibniz aparecieron extractos seleccionados por él mismo de una copia del trabajo que Newton hizo para Barrow y que poseía desde 1675.

Dedicado a sus responsabilidades como director de la Casa de la Moneda y presidente de la Royal Society, Newton vivirá rodeado por el respeto y la admiración hasta su muerte en 1727.

LA TEORÍA DE LA MATERIA

La concepción general del mundo físico que Newton tenía fue tomada básicamente de Galileo, Kepler y Descartes. Era una concepción comprometida con un mundo material, compuesto de partículas duras e indestructibles –los átomos– que poseían sólo cualidades primarias. Newton añadió, además, otra nueva cualidad a los cuerpos: la fuerza de la inercia, "un principio pasivo gracias al cual los cuerpos persisten en su movimiento o reposo –afirma–, reciben movimiento en proporción a la fuerza que lo imprime y resisten tanto como son resistidos".[19] Aunque los átomos se interpretan de un modo matemático, en realidad, debido al peso de su empirismo, para Newton son los elementos más pequeños de los que están compuestos los objetos sensibles. Si deseamos comprobarlo, no tenemos nada más que recordar parte de sus palabras en el extenso comentario que hace a la *Regula Philosophandi* III de los *Principia:*

> La extensión de los cuerpos no se nos revela si no es por los sentidos, y no se siente por todos, pero como concierne a todos los sensibles, se atribuye universalmente. Experimentamos que muchos cuerpos son duros. Pero la dureza del todo se origina de la dureza de las partes, y de aquí concluimos con razón que son duras las partículas indivisas no sólo de los cuerpos que sentimos sino también las de todos los demás. Que todos los cuerpos son impenetrables lo inferimos no de la razón sino de la sensación. Los cuerpos que manejamos resultan ser impenetrables, y de aquí concluimos que la impenetrabilidad es una propiedad de todos los cuerpos. Inferimos que todos los cuerpos son móviles y perseveran en

[19] *Optics,* Libro III, *Opera,* vol. IV, p. 258.

reposo o en movimiento gracias a ciertas fuerzas [que llamamos fuerzas de inercia] a partir de esas propiedades de los cuerpos observados. La extensión, la dureza, la impenetrabilidad, la movilidad y la fuerza de inercia del todo surge de la extensión, dureza, impenetrabilidad, movilidad y fuerza de inercia de las partes: y de ahí concluimos que todas las partes mínimas de todos los cuerpos son extensas, duras, impenetrables, móviles y dotadas de fuerza de inercia.[20]

El mundo físico es, pues, un mundo material de objetos con cualidades que pueden expresarse matemáticamente. Así lo manifiesta también en la *Óptica:*

> Tras considerar todas estas cosas, me parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles, con tales tamaños y figuras, con tales otras propiedades y en una proporción tal al espacio que resulten lo más apropiadas al fin para el que fueron creadas. Estas partículas primitivas, al ser sólidas, son incomparablemente más duras que cualesquiera cuerpos porosos formados a partir de ellas. Tan duras, incluso, como para no gastarse ni romperse nunca en pedazos, pues ningún poder ordinario es capaz de dividir lo que el mismo Dios ha hecho uno en la primera creación. En tanto las partículas permanezcan enteras, pueden formar cuerpos de una y la misma naturaleza y textura en todo momento. Sin embargo, si se gastasen o rompiesen en pedazos, la naturaleza de las cosas que de ellas depende habría de cambiar. El agua o la tierra formadas de viejas partículas gastadas o de fragmentos de partículas no habría de presentar la misma naturaleza y textura que el agua y la tierra formadas desde el principio con partículas enteras. Por consiguiente, puesto que la naturaleza ha de ser perdurable, los cambios de las cosas corpóreas han de ser atribuidos exclusivamente a las diversas separaciones y nuevas asociaciones de los movimientos de estas partículas permanentes, al ser rompibles los cuerpos sólidos, no en el medio de dichas partículas, sino allí donde se juntan, tocándose en unos pocos puntos solamente.[21]

¿Cómo interactúa el ser humano con la naturaleza en semejante modelo del mundo? Newton también aceptó en este punto las principales características de la fisiología y la metafísica cartesianas. El ser humano no tiene un contacto inmediato, por medio de los sentidos, con los objetos físicos de la naturaleza. El alma humana, prisionera en el cuerpo, no puede relacionarse con el mundo externo. Se comunica con una parte concreta del cerebro, el *sensorium,*

[20] *Philosophiae naturalis principia mathematica, regulae philosophandi,* Libro III, *Opera,* vol. III, p. 3. Reproducimos la traducción de Eloy Rada en su versión española de los *Principia,* p. 617.

[21] *Optics,* Libro III, *Opera,* vol. IV, p. 260. *(Óptica,* pp. 345-346.) En los textos castellanos reproducimos la traducción de Carlos Solís en su versión española de la obra.

adonde llegan los estímulos de los objetos a través de los nervios, y desde el que (los estímulos motores) son transmitidos a los músculos por los espíritus animales. Los estímulos visuales de los objetos físicos que se transmiten y se dirigen al *sensorio* proceden de la retina. Así se explica en el Libro 1 de la *Óptica:*

> De modo similar, cuando una persona ve un objeto [...], la luz proveniente de los diversos puntos del mismo se refracta en las membranas y humores transparentes del ojo [...] de modo que converge y se encuentra de nuevo en tantos otros puntos del fondo del ojo, formando una representación del objeto sobre esa membrana que cubre el fondo del ojo [...]. Dichas representaciones, propagadas por medio del movimiento a través de las fibras de los nervios ópticos hasta alcanzar el cerebro, constituyen la causa de la visión.[22]

Y en el Libro III, cuestión 28, Newton pregunta: "¿No es el sensorio de los animales el lugar en que está presente la sustancia sensitiva y adonde son llevadas las formas sensibles de las cosas a través de los nervios y el cerebro, a fin de que sean allí percibidas por su presencia inmediata en dicha sustancia?"[23]

Newton llevó la doctrina de las cualidades primarias y secundarias a sus investigaciones sobre los fenómenos ópticos y la empleó en su estudio de los colores. Sostuvo que los colores no tenían una existencia real fuera del cerebro, ni siquiera en la luz. Los colores son finalmente la *disposición* que poseen los rayos para transmitir determinados movimientos:

> Si en algún momento hablo de luces o rayos de colores o digo que están dotados de colores, ha de entenderse que no estoy hablando filosóficamente o con propiedad, sino groseramente y según esos conceptos que las personas ordinarias habrían de tramar frente a todos estos experimentos, pues, *propiamente hablando, los rayos no tienen colores.* En ellos no existe más que una capacidad o disposición para despertar este o ese color. Del mismo modo que el sonido en una campana o en una cuerda musical u otro cuerpo sonoro no es otra cosa que un movimiento vibratorio, en el aire no es otra cosa que movimiento propagado desde el objeto y en el sensorio no es otra cosa que la sensación de ese movimiento en la forma de sonido, *así el color no es en el objeto más que una disposición a reflejar este o aquel tipo de rayos más copiosamente que el resto. En los rayos no existe más que esa disposición a propagar este o aquel movimiento hasta el sensorio y, en éste, se dan las sensaciones de dichos movimientos en forma de colores.*[24]

Desde la metafísica que Newton aceptó de sus predecesores, el mundo aparecía

[22] *Optics,* Libro I, *Opera,* vol. IV, pp. 13-14. *(Óptica,* p. 22.)

[23] *Optics,* Libro III, *Opera,* vol. IV, p. 238. *(Óptica,* p. 320.)

[24] *Optics,* Libro I, *Opera,* vol. IV, pp. 80-81. *(Óptica,* pp. 112-113.) Las cursivas son mías.

como un mundo sin colores ni sonidos; era un mundo de cantidades y movimientos. El otro, aquel en el que los hombres creían vivir, estaba ubicado en el cerebro. Pero el profesor lucasiano no se limitó a asumir la concepción general sobre el mundo y sobre el ser humano de quienes le habían precedido en la construcción de la nueva filosofía natural, sino que, derivada de su física, elaboró una visión propia de la naturaleza y de la relación del hombre con ella. El universo newtoniano se concibe como un dominio de masas que por el influjo de fuerzas definidas se mueven según leyes matemáticas en el espacio y en el tiempo. Bajo los conceptos de espacio y tiempo absolutos encontramos asunciones metafísicas que se sitúan, sin embargo, más allá de la rigurosa y aséptica estructura matemático-deductiva del sistema que se había propuesto construir en los *Principia.* Son nociones rectoras que caen fuera del límite de lo experimentable y que revelan una vez más las múltiples y ambivalentes facetas del pensamiento del científico británico. Analicémoslas.

Newton entendió que la variación en la tendencia de todo cuerpo a conservar su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta podía medirse matemáticamente. Mediante la aplicación de la misma fuerza, los cuerpos abandonan de manera distinta su estado de reposo o movimiento. Esto supone que presentan diferentes aceleraciones o deceleraciones dependiendo de su masa. De modo general, en efecto, podía entenderse que los cuerpos poseen una masa inercial que constituye cierta característica matemática, desde el momento en que puede medirse por la aceleración que manifiestan cuando se ven sometidos a la acción de una fuerza. Ello permitía definir la fuerza como un producto entre la aceleración y la masa. Con estas tres magnitudes, y con la depuración del cálculo para resolver los problemas inherentes al análisis del movimiento, cualquier cambio en éste podía interpretarse matemáticamente. El hecho de que la misma masa tuviera diferente peso según se modificase su distancia al centro de la Tierra, así como la interpretación mecánica de las leyes de Kepler, permitieron a Newton formular la ley de gravitación universal. Ahora bien, la cuestión que se suscita es si el concepto newtoniano de masa tiene o no un último enraizamiento metafísico. Su pensamiento tendía a eliminar de los cuerpos todas aquellas cualidades que una conceptuación matemática obligaba a descartar. Sin embargo, en la medida en que la masa era una cualidad susceptible de traducción matemática, cabía entenderla como esencial e inherente a la materia: poseía los rasgos de toda cualidad constitutiva de los cuerpos. De este modo quedó completado el repertorio de cualidades primarias que la ciencia del siglo XVII entenderá como soporte metafísico del mundo sensible.

LOS SECRETOS DEL ÉTER

Newton supuso indudable la existencia del éter, así como su relación con diversos fenómenos –desde los ópticos, magnéticos y

eléctricos hasta la gravedad–, pero al mismo tiempo consideraba que de momento no podía obtener leyes experimentales que expresaran la eficacia operativa de tal medio. Ésa es la razón por la que semejantes cuestiones no serán desarrolladas –aunque sí mencionadas– en los *Principia.* En Newton encontramos una teoría más elaborada que la propuesta por Boyle sobre el éter. Para éste la noción de un medio etéreo desempeñaba dos funciones distintas: por un lado, justificaba la propagación del movimiento a través del espacio y, por otro, era el soporte para algunas cualidades características de distintos fenómenos extramecánicos, tales como la electricidad, el magnetismo y la cohesión. Newton comenzó su trabajo donde Boyle lo había dejado. En primer lugar, no admitía la acción a distancia –en su tercera carta a Bentley afirmaba que la gravedad no era inherente a la materia ni actuaba a través del vacío, sino que debía ser causada por un agente material o inmaterial–.[25] Por otra parte, sus primeros estudios sobre óptica lo llevaron a pensar en el éter para explicar la propagación de la luz. Estaba de acuerdo con Hooke –es en lo único en lo que coincidían– respecto a la existencia del éter como medio susceptible de vibraciones. Habiendo, pues, tomado esta noción de su entorno científico, le resultó fácil extenderla a otros fenómenos que suponían la acción a distancia, tales como la gravedad, el magnetismo o la atracción eléctrica. En segundo lugar, el mundo material era, para él, una máquina imperfecta que perdía constantemente movimiento.[26] De modo que estos dos son los problemas –imposibilidad de acción a distancia y conservación del movimiento– que se propone resolver adoptando y rehaciendo la concepción de Boyle sobre el éter. Newton tuvo un diálogo directo con su compatriota acerca de esta cuestión, como lo demuestra la carta que le dirigió el 28 de febrero de 1678.[27]

Desde el principio, rechazó la concepción cartesiana del éter como un medio denso y compacto que con su movimiento de torbellino hacía trasladarse a los planetas siguiendo su órbita. Esta idea era la que dominaba entre los científicos europeos de la época, pero Newton, partiendo de las premisas de Boyle, quiso desarrollar una teoría distinta.[28]

En su argumentación contra la doctrina cartesiana del éter, da por establecida la refutación de la teoría de los vórtices expuesta en los *Principia:* si ese fluido denso estuviera en reposo y no se moviera con rotaciones vertiginosas, su resistencia haría imposible los movimientos celestes.

La primera y ya algo elaborada hipótesis newtoniana en torno al éter aparece en

[25] Cf. *Cuatro cartas al Dr. Bentley. Carta al honorable Sr. Boyle sobre la causa de la gravitación* (trad. Luis Rodríguez Luján y José Luis González Recio), Madrid, Editorial Complutense, 2001.

[26] Cf. Cuestión 31 de la *Óptica, Opera,* vol. IV, p. 259.

[27] Cf. *Cuatro cartas al Dr. Bentley. Carta al honorable Sr. Boyle sobre la causa de la gravitación,* pp. 41-54.

[28] El rechazo de la concepción cartesiana del éter ocupa prácticamente toda la cuestión 28 de la *Óptica.*

la carta a Oldenburg de 1675.[29] Su convicción sobre la existencia de este medio es patente. En dicho escrito, Newton distingue entre el "principal cuerpo flemático del éter", considerado un simple medio de transmisión, y los "varios espíritus etéreos" difundidos en él, que justifican fenómenos como la electricidad, el magnetismo y la gravedad. Para el científico inglés, la estructura de la materia dependía de estos espíritus que explicaban también fenómenos como la reflexión y la refracción de la luz. La gravedad, a su vez, aparecía interpretada en términos de una circulación continua del espíritu etéreo.

Tres años más tarde, en la citada carta a Boyle, vuelve a tratar los mismos temas, pero "moderando considerablemente la extravagancia de sus primeras especulaciones".[30] En la parte final de la carta, explica de nuevo, aunque ahora de un modo mecánico y más simple, la gravedad. La diferencia entre el cuerpo principal del éter y los distintos espíritus etéreos difundidos en él casi ha desaparecido, en favor de la consideración de un medio uniforme con múltiples grados de densidad. "Es obvio que Newton se esfuerza por liberar a su pensamiento de todo elemento mágico y fantástico."[31] La noción de un éter de densidad gradual es, sin duda, una explicación más sencilla de la gravedad. Meditó mucho sobre esta hipótesis, a la que llegó a incluir en la cuestión 21 de la *Óptica.* Sus ideas en las dos cartas mencionadas sugieren que, aunque aquéllas variasen en cuanto al modo de aplicar la teoría del éter a los fenómenos, no dudaba en cambio de la existencia del medio en cuanto tal y de la legitimidad de acudir a él para resolver ciertas dificultades. Así, por ejemplo, Newton creía que el mundo perdería su movimiento si no fuera porque los principios activos del éter permiten su conservación en varias formas. Al mismo tiempo, pensaba que la evidencia empírica establecería o refutaría definitivamente algunas de estas conjeturas.

Es en la *Óptica,* fundamentalmente en las cuestiones 18, 21 y 22, donde Newton expone su concepción última sobre las propiedades del éter. En su versión final resulta ser un medio que tiene la misma naturaleza que el aire, aunque es más raro. Está compuesto de pequeñas partículas que se presentan en una cantidad más numerosa cuanto más distan de los poros interiores de los cuerpos sólidos. Tales partículas son elásticas, es decir, se repelen mutuamente, pues siempre tratan de apartarse unas de otras; y esta tendencia repulsiva es la causa de la gravedad. Se atribuyen a las potencias activas del éter los otros fenómenos ya mencionados, y se habla de ellos como si provinieran de las operaciones de aquellas fuerzas repulsivas. Hay que señalar que en los últimos escritos de Newton el número de principios a los que se invoca para explicar fenómenos extramecánicos se ha reducido considerablemente. De hecho,

[29] Cf. *Newton's Second Paper on Color and Light, Read at the Royal Society in* 1675-76, en L.B. Cahen (ed.), *Isaac Newton's Papers* & *Letters on Natural Philosophy,* Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1978, p. 177.

[30] *Idem.*

[31] *Idem.*

dentro de la *Óptica*[32] repite en forma de hipótesis cósmica su sospecha, expuesta en el prefacio de los *Principia,* de que todos los fenómenos de la naturaleza puedan explicarse en términos de átomos y de determinadas fuerzas de atracción y repulsión. Tal hipótesis mantiene que el mundo físico está compuesto de partículas que se atraen en proporción a su tamaño, ya que de la atracción se pasa a la repulsión cuando se desciende a las partículas diminutas que componen el éter. En conclusión, el éter es una sustancia de naturaleza desconocida, en cuya existencia hay que *creer* como causa de distintos fenómenos naturales, dejando en manos del futuro la confirmación o refutación de su presencia real en el universo.

EL ESPACIO Y EL TIEMPO

Por lo que se refiere al espacio y al tiempo –elementos metafísicos del sistema del mundo que también es imprescindible considerar–, Newton comienza el Escolio posterior a las Definiciones y previo a la formulación de sus leyes del movimiento –dentro de los *Principia*– señalando que el hombre corriente sólo los concibe en relación con entidades sensibles. Es necesario, debido a ello, establecer una diferencia entre magnitudes relativas, aparentes o vulgares, y magnitudes absolutas, verdaderas o matemáticas, para evitar caer en errores.

El hombre de la calle piensa el espacio y el tiempo como el intervalo que media entre objetos o hechos sensibles. El espacio relativo se define por referencia a los cuerpos, y el tiempo relativo es una medida sensible de cualquier duración. "Así, usamos de los lugares y movimientos relativos en lugar de los absolutos y con toda tranquilidad en las cosas humanas: para la filosofía, en cambio, es preciso abstraer de los sentidos". [33]

Frente al espacio y al tiempo relativos, de los que nos servimos comúnmente, y que son aparentes, existen el espacio y el tiempo absolutos y matemáticos. Se trata de entidades infinitas, homogéneas, continuas e independientes de cualquier objeto o movimiento sensible:

I. El tiempo absoluto, verdadero y matemático en sí y por su naturaleza y sin relación a algo externo, fluye uniformemente, y por otro nombre se llama duración; el relativo, aparente y vulgar, es una medida sensible y externa de cualquier duración, mediante el movimiento [sea la medida igual o desigual] y de la que el vulgo usa en lugar del verdadero tiempo; así la hora, el día, el mes, el año.

II. El espacio absoluto, por su naturaleza y sin relación a cualquier cosa externa, siempre permanece igual e inmóvil; el relativo es cualquier cantidad o dimensión variable de este espacio, que se define por nuestros

[32] Cf. Cuestión 31 de la *Óptica*, *Opera,* vol. IV, p. 242.

[33] *Philosophiae naturalis principia mathemathica*, *Opera,* vol. II, p. 8.

sentidos según su situación respecto a los cuerpos, espacio que el vulgo toma por el espacio inmóvil: así, una extensión espacial subterránea, aérea, o celeste definida por su situación relativa a la Tierra.

III. Lugar es la parte del espacio que un cuerpo ocupa y es, en tanto que espacio, absoluto o relativo. Digo parte del espacio, no situación del cuerpo ni superficie externa.

IV. Movimiento absoluto es el paso de un cuerpo de un lugar absoluto a otro lugar absoluto, el relativo de un lugar relativo a otro lugar relativo.

Pero mediante la observación o el experimento no podemos conocer el espacio y el tiempo absolutos. Por esta razón utilizamos el espacio y el tiempo relativos. Ahora bien, el problema es cómo sabemos que existen el espacio y el tiempo absolutos si nuestros sentidos no pueden llegar a ellos. Newton responde que podemos conocer el movimiento absoluto por algunas de sus propiedades y que éste implica el espacio y el tiempo absolutos. Lo que percibimos son los objetos y sus movimientos en relación con otros objetos, es decir, sus movimientos relativos y no sus movimientos absolutos con respecto al espacio mismo. Además, el estado de movimiento uniforme rectilíneo, aunque opuesto al de reposo, no puede distinguirse de éste. Para determinar y diferenciar los movimientos absolutos de los relativos hay que establecer sus causas y efectos. "Las causas, por las que los movimientos verdaderos y los relativos se distinguen mutuamente, son fuerzas impresas en los cuerpos para producir el movimiento".[34] Únicamente –dice Newton– cuando la determinación de las fuerzas ejercidas sobre los cuerpos no se base en la percepción del cambio de las relaciones mutuas entre éstos, podremos diferenciar los movimientos absolutos de los relativos, y sólo el movimiento circular, en cualquier parte del universo, origina fuerzas cuya medida posibilita reconocerlo como existente sin tener en cuenta la posición de otros cuerpos. Alexandre Koyré hace la siguiente apreciación:

> El descubrimiento newtoniano del carácter absoluto de la rotación –en contradistinción con la traslación rectilínea– constituye una confirmación decisiva de su concepción del espacio; lo hace accesible a nuestro conocimiento empírico y, sin privarlo de su función y condición metafísica, asegura su papel y lugar como concepto fundamental de la ciencia. La interpretación newtoniana del movimiento circular como movimiento en el espacio absoluto y, por supuesto, la idea misma de espacio absoluto con sus implicaciones físicometafísicas se encontró con una oposición bastante fuerte. Durante doscientos años, desde los tiempos de Huygens y Leibniz hasta los de Mach y Duhem, se vio sometida a investigaciones y críticas severas. Pero, en mi opinión, ha resistido victoriosamente todos los ataques, lo cual, por cierto, no resulta demasiado sorprendente. Ciertamen-

[34] *Ibid.*, p. 9.

te, es la consecuencia inevitable y necesaria de la "explosión de la esfera", la "ruptura del círculo", la geometrización del espacio, del descubrimiento o afirmación de la ley de inercia como la primera y más importante ley o axioma del movimiento.[35]

En resumen: el movimiento circular tiene efectos sensibles que nos permiten conocer que es un movimiento absoluto; y el movimiento absoluto exige la existencia del espacio absoluto. Por otra parte, la formulación de la primera ley del movimiento de Newton suponía la aceptación de un espacio infinito. Podemos, de nuevo, recurrir a Koyré, quien, en sus *Estudios de historia del pensamiento científico,* especifica los supuestos que era necesario admitir para sostener el principio de inercia:

> En otros términos, el principio de inercia presupone: *a)* la posibilidad de aislar un cuerpo dado de todo su entorno físico, y considerarlo como algo que se realiza simplemente en el espacio; *b)* la concepción del espacio que lo identifica con el espacio homogéneo infinito de la geometría euclidiana, y *c)* una concepción del movimiento y del reposo que los considera como *estados* y los coloca en el mismo nivel ontológico [...]. Sólo a partir de estas premisas parece evidente e incluso admisible.[36]

Samuel Clarke -discípulo de Newton- ilustra todos los compromisos metafísicos inherentes a la concepción newtoniana del espacio en su correspondencia con Leibniz y explica por qué dicha concepción es abiertamente diferente de la idea de un espacio relativo. En la respuesta a la tercera carta de Leibniz manifiesta:

> Es evidente el absurdo de suponer que el espacio no es algo real, sino que es meramente el orden de los cuerpos, puesto que, conforme a esta idea, si la Tierra, el Sol y la Luna hubieran sido colocados donde están ahora situadas las estrellas fijas más lejanas, supuesto de antemano que estuvieran dispuestos en el mismo orden y distancia en que lo están ahora en relación unos con otros [...], se seguiría también que además habrían estado entonces en el mismo lugar en que están ahora, lo cual es una contradicción manifiesta.[37]

Y en su contestación a la cuarta carta de Leibniz añade:

> El espacio vacío de cuerpos es la propiedad de una sustancia incorpórea. No está limitado por los cuerpos, sino que existe igualmente tanto con cuerpos como sin ellos. El espacio no está encerrado entre cuerpos, sino que éstos, extendiéndose en un espacio ilimitado, están solamente limitados por sus propias dimensiones.

[35] A. Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito* (trad. Carlos Solís), México, Siglo xxi, 1984, p. 159.

[36] A. Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico* (trad. E. Pérez Sedeño y E. Bustos), México, Siglo xxi, 1990, p. 184.

[37] Tercera respuesta de Clarke, *La polémica Leibniz-Clarke* (trad. Eloy Rada), Madrid, Taurus, 1980, pp. 72-73.

> El espacio vacío no es un atributo sin sujeto, porque no entendemos nunca por espacio vacío el espacio vacío de toda cosa, sino solamente el vacío de cuerpo. Dios ciertamente, y posiblemente muchas otras sustancias que no son materia, están presentes en todo espacio vacío, no siendo ni tangibles ni objetos de ninguno de nuestros sentidos.
>
> El espacio no es una sustancia, sino una propiedad, y si es una propiedad de lo que es necesario, en consecuencia deberá existir [como todas las otras propiedades de aquello que es necesario que sea] más necesariamente que aquellas sustancias mismas que no son necesarias [aunque ella misma no es una sustancia]. El espacio es inmenso, inmutable y eterno, y lo mismo es la duración. Sin embargo, no se sigue de aquí en modo alguno que algo sea eterno *hors de Dieu.* Pues espacio y duración no están *hors de Dieu,* sino que son causados por, y son consecuencias inmediatas y necesarias de, su existencia. Y sin ellas, su eternidad y ubicuidad [u omnipresencia] desaparecerían.[38]

LA TEOLOGÍA NATURAL

La concepción del espacio y del tiempo absolutos tiene además en Newton un significado teológico muy importante, pues constituye la base no sólo de su mecánica sino también de su teología natural.[39] Cuando vio la luz la primera edición de los *Principia,* muchos fueron los que se sintieron inquietos por el hecho de que el espacio y el tiempo aparecieran como entidades infinitas e independientes en las que los cuerpos se movían mecánicamente. Dios parecía estar desterrado del funcionamiento de esa compleja máquina universal. En su lugar aparecían el espacio y el tiempo, colmando el mundo externo al hombre. Las preocupaciones religiosas despertadas se reflejaron, en 1710, dentro de la obra de Berkeley *Treatise on the Principles of Human Nature,* en la que rechazaba la concepción del espacio absoluto por considerarla atea –actitud que reafirmará en el *De motu*[40] (1721)–. Las convicciones religiosas de Newton no quedaron expresadas en la primera edición de los *Principia,* debido a su propósito de que no apareciesen explicaciones o justificaciones últimas en sus tratados científicos. Por supuesto, su intención no era elaborar una filosofía natural atea, como se desprende de las cartas dirigidas en 1692 al doctor Bentley, a quien manifiesta explícitamente, nada más comenzar la primera de ellas, que cuando redactaba su obra –los *Principia*– deseaba confirmar la existencia de un Ser Superior.[41] Más adelante, Newton se dejó

[38] Cuarta respuesta de Clarke, *La polémica Leibniz-Clarke,* pp. 91-92.

[39] Cf. C. Mataix, *op. cit.,* p. 18. Véase también C. Solís, "La fuerza de Dios y el éter de Cristo", *Sylva Clius,* núm. 1, 1987, pp. 51-80.

[40] Cf. G Berkeley, *De motu,* p. 53 y ss. (ed. bilingüe a cargo de Ana Rioja), Madrid, Facultad de Filosofía de la Universidad Complutense, 1993, pp. 51 y ss.

[41] En esta carta, de fecha 10 de diciembre de 1692, Newton escribe: "Cuando escribía mi Tratado acerca

convencer por Richard Bentley y por Roger Cotes, y añadió su famoso Escolio General a la segunda edición de la citada obra, en donde defiende sin reservas la existencia de Dios. ¿Cómo relacionó Newton el espacio y el tiempo con el concepto de Dios? En el Escolio General lo hace de este modo:

> Y de la verdadera dominación se sigue que un dios verdadero es vivo, inteligente y poderoso; de las demás perfecciones que es sumo o sumamente perfecto. Es eterno e infinito, omnipotente y omnisciente, es decir, dura desde la eternidad hasta la eternidad y está presente desde el principio hasta el infinito: lo rige todo; lo conoce todo, lo que sucede y lo que puede suceder. No es la eternidad y la infinitud, sino eterno e infinito; no es la duración y el espacio, sino que dura y está presente. Dura siempre y está presente en todo lugar, y existiendo siempre y en todo lugar, constituye a la duración y al espacio. Puesto que cada partícula de espacio existe *siempre,* y cada momento indivisible de duración está en *algún lugar,* ciertamente el constructor y señor de todas las cosas no será *nunca ningún lugar* [...]. Dios es uno y el mismo dios siempre y en todo lugar. Es omnipotente no sólo *virtualmente* sino *sustancialmente:* pues lo virtual no puede subsistir sin la sustancia. En él se hallan contenidas y se mueven todas las cosas, pero sin mutua interferencia. Dios nada sufre por el movimiento de los cuerpos: éstos no experimentan resistencia alguna por la omnipresencia de Dios. Está reconocido que un dios sumo existe necesariamente: y con la misma necesidad existe *siempre* y en *todo lugar.*[42]

Cuando Newton imaginaba los cuerpos moviéndose en el espacio absoluto no se limitaba a dar un fundamento a su mecánica, sino que también hacía teología natural. Los cuerpos se mueven en el espacio absoluto y en Dios, en la presencia eterna, omnipotente y omnisciente del Creador Supremo de todas las cosas. Pero el espacio absoluto no sólo es el lugar donde se manifiesta la omnipresencia de Dios sino además algo *equiparable* al *sensorio divino;* en él la inteligencia y la voluntad de Dios conciben y guían los sucesos del mundo. El espacio absoluto es *algo así como* el sensorio divino, y cuanto sucede en él resulta inmediatamente presente al conocimiento de Dios. De esta forma se sostiene en la Cuestión 28 de la *Óptica:* "¿No se sigue de los fenómenos que hay un ser incorpóreo, viviente, inteligente, omnipresente que ve íntimamente las cosas mismas en el espacio infinito, como si fuera en su sensorio, percibiéndolas plenamente y comprendiéndolas totalmente por su presencia inmediata ante él?"[43]

---

de nuestro sistema tenía la vista puesta en aquellos principios en cuanto capaces de servir a los hombres discretos para la creencia en una divinidad; y nada puede alegrarme más que encontrarlo útil a tal propósito" *(Cuatro cartas al Dr. Bentley. Carta al honorable Sr. Boyle sobre la causa de la gravitación,* p. 21).

[42] *Philosophiae naturalis principia mathemathica. Opera,* vol. III, pp. 172-173. (Versión española, pp. 783-784.). Las cursivas son mías.

[43] *Optics,* Libro III, *Opera,* vol. IV, p. 238. (Versión española, p. 320.)

Y en la Cuestión 31:

> Al estar en todas partes, es mucho más capaz de mover con su voluntad los cuerpos que se hallan en su sensorio uniforme e ilimitado, formando y reformando las partes del universo, de lo que nosotros somos capaces con nuestra voluntad de mover las partes de nuestros cuerpos. Con todo, no hemos de tomar al mundo como el cuerpo de Dios ni a sus diversas partes como partes de Dios. Él es un ser uniforme, carente de órganos, miembros o partes, estando aquellas criaturas suyas subordinadas a él y a su voluntad. Él no es el alma de ellas, del mismo modo que el alma humana no es el alma de las imágenes de las cosas transportadas por los órganos de los sentidos hasta el lugar de la sensación, donde las percibe mediante su inmediata presencia sin la intervención de una tercera cosa. Los órganos de los sentidos no tienen como misión permitir al alma la percepción de las imágenes de las cosas en el sensorio, sino tan sólo se limitan a llevarlas allí. Dios no tiene necesidad de semejantes órganos, al estar por todas partes presente en las cosas mismas.[44]

Dios no es sólo conocimiento infinito, sino igualmente voluntad omnipotente. Por este motivo es la causa última del movimiento y puede en cualquier instante añadir movimiento a los cuerpos que se hallan dentro de su sensorio. La concepción newtoniana del espacio absoluto y su relación con Dios dio origen a la famosa polémica entre Leibniz y Clarke. Leibniz no admitía el espacio absoluto. Concebía el espacio como relativo a los cuerpos, como relativo a la materia creada por Dios. Ello significaba que Dios, al dar nacimiento a la materia, creaba el espacio y el tiempo. "Los newtonianos [en cambio] no ligan el espacio y el tiempo a la creación, sino a Dios, y no oponen la eternidad e inmensidad de Dios a la sempiternidad e infinitud espacial sino que, por el contrario, llegan a identificarlas".[45] El Dios leibniziano no necesitaba tampoco de *órganos* con los cuales percibir el mundo ni tenía que intervenir de vez en cuando en él para reparar su maquinaria –construida, en ese caso, de un modo imperfecto–. En el Dios de Leibniz prevalecía el principio de razón suficiente, el entendimiento frente a la voluntad. Koyré denomina al Dios de Newton el Dios de los días laborables y al de Leibniz el Dios del *Sabbath.* En esa expresiva imagen, resume algunas de las principales características de estas dos concepciones tan divergentes:

> El Dios de Leibniz no es el Señor feudal que hace el mundo como quiere y continúa actuando sobre él como hizo el Dios bíblico en los primeros seis días de la creación. Es más bien, si se me permite seguir con el símil, el Dios bíblico del día sabático, el Dios que ha terminado su obra y que la ha hallado buena, es más, el

[44] *Ibid.*, pp. 262-263. (Versión española, p. 348).

[45] A. Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito,* p. 230.

> mejor de todos los mundos posibles, y que, por tanto, no tiene más que hacer en él, sino tan sólo conservado y preservarlo en su ser. Al mismo tiempo, este Dios es –una vez más frente al newtoniano– el Ser supremamente racional, el principio de razón suficiente personificado, razón por la cual tan sólo puede actuar de acuerdo con tal principio; es decir, tan sólo para producir la mayor perfección y plenitud. Así pues, no puede [...] ni hacer un universo finito ni tolerar el espacio vacío, sea dentro o fuera del mundo.[46]

DIOS Y LA FILOSOFÍA EXPERIMENTAL

El modo en que Newton concibió el espacio y el tiempo revela el papel decisivo que Dios ocupó en su visión del universo. Conviene matizar con más detalle cómo relacionó la teología natural con su filosofía experimental, y cómo, en definitiva, pudo la religión natural encontrar apoyo en la ciencia. Siendo el objeto y el método de cada una obviamente diferentes, ¿de qué manera pudo hacerlas compatibles? Y, sobre todo, ¿cómo pudo admitir una hipótesis teológica tan determinante y sostener a la vez el lema de *no fingir hipótesis* en filosofía natural? ¿Puede considerarse a Dios una hipótesis en su imagen filosófico-científica del mundo? Y, de serlo, ¿tuvo el carácter de una hipótesis deducida de los fenómenos o actuaba como mera conjetura? Es más, ¿consideró Newton que Dios era una certeza a salvo de cualquier duda racional? En el Escolio General aparece una descripción de los atributos de Dios. Newton comienza el Escolio con un breve párrafo en el que refuta la hipótesis cartesiana de los vórtices mediante los datos observacionales de planetas y cometas. Pone de manifiesto cuál es la constitución del Sistema Solar –seis planetas girando alrededor del Sol en el mismo sentido y plano, junto con sus lunas– y defiende la capacidad de la ley de la gravitación para explicar la regularidad y continuidad de las órbitas de los cuerpos celestes. Ahora bien, esta misma ley no puede dar razón de la disposición inicial del sistema de órbitas. Partiendo de la constitución actual del universo, no puede suponerse que "simples causas mecánicas den nacimiento a tantos movimientos regulares". "Este sistema sumamente bello del Sol, los planetas y los cometas sólo puede proceder del designio y dominio de un ser inteligente y poderoso."[47] Cohen, gran especialista en Newton, pregunta: ¿equivale la existencia de Dios a una hipótesis no deducida de los fenómenos? De serlo, semejante hipótesis no tendría cabida en la filosofía experimental, según la declaración del mismo Newton en el Escolio. La respuesta, según Cohen otra vez, es que, para Newton, Dios sí es una hipótesis derivada de los fenómenos, porque el Sistema Solar nos hace patente en su estructura que no puede haber sido producido solamente

[46] *Ibid.* p. 223.

[47] *Philosophia: naturalis principia mathematica, Opera,* vol. III, p. 171.

por causas mecánicas.[48] En sus cartas a Bentley y en la Cuestión 28[49] de la *Óptica,* Dios aparece como causa de las propiedades del universo y de los fenómenos, respectivamente. Sus palabras en el Escolio confirman tal posición: "Y esto por lo que concierne a Dios, de quien procede ciertamente hablar en filosofía natural partiendo de los fenómenos".[50] Koyré, en cambio, va más lejos y manifiesta que, para Newton, Dios no era una hipótesis sino una certeza desde la cual todos los fenómenos debían ser explicados: "Laplace a bien pu appeler Dieu une hypothèse –et une hypothèse dont il n'avait pas besoin–, pour Newton, c'était une certitude grâce a la quelle les phénomenes –tous les phénomènes– devaient en dernier lieu être expliqués".[51]

LAS CARTAS A BENTLEY

Newton reservó sus pensamientos religiosos a la correspondencia privada, hasta que estuvo en preparación la segunda edición de los *Principia.* Cinco años después de aparecer la primera edición (1687), escribía a Richard Bentley para satisfacer los deseos de éste, corroborando explícitamente que su obra científica no hacía sino confirmar la existencia de un Ser Superior. Manifestaba, además, que perseguía ponerlo de manifiesto cuando escribió su primer tratado. Bentley había sido invitado a pronunciar la primera serie de conferencias anuales promovidas por Robert Boyle, para utilizar la ciencia natural en defensa del cristianismo. *A Confutation of Atheism* –cuya publicación está fechada en 1693– fue el título que Bentley dio a la posterior versión impresa de sus ocho sermones. Pero antes de que el conjunto de sus conferencias viera la luz, escribió a Newton para confirmar que había dado una interpretación correcta a los *Principia.* Las cuatro cartas escritas por Newton, ante las preguntas de su joven admirador, lo obligaron a separar las explicaciones mecánicas de aquellas que no lo eran.[52] Con anterioridad, había rechazado introducir en sus investigaciones científicas cuestiones teológicas. Su segunda gran obra, la *Óptica,* aparentaba igualmente esa discreción.

La primera carta de Newton al doctor Bentley responde a la opinión que éste le solicitaba respecto el bosquejo que había realizado de una hipótesis sobre la creación del mundo, a partir de la materia dispersa de modo uniforme por todo el espacio. En su respuesta, Newton aprueba los caracteres principales de dicho esquema, considerando indudable que el orden del cosmos revela su origen divino:

[48] Cf. I.B. Cohen, *Franklin and Newton,* Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1966, pp. 141-142.

[49] "Does it not appear from phaenomena, that there is a Being incorporeal, living, intelligent, omnipresent?" (*Optics,* Libro III, cuestión 28, *Opera,* vol. IV, p. 238).

[50] *Philosophia: naturalis principia mathematica, scolium generale, Opera*, vol. III, p. 173.

[51] A. Koyré, "L'hypothèse et l'experience chez Newton", en *Études newtonnienes,* p. 62.

[52] Cf. La introducción que Luis Rodríguez Luján y José Luis González Recio hacen a su edición de las cartas.

El mismo poder, sea natural o sobrenatural, que puso al Sol en el centro de los seis planetas principales puso a Saturno en el centro de las órbitas de sus cinco planetas secundarios, y a Júpiter en el centro de sus cuatro planetas secundarios, y a la Tierra en el centro de la órbita de la Luna. Y, por lo tanto, si esta causa hubiese sido una causa ciega o sin ningún plan o designio, el Sol tendría que haber sido un cuerpo de la misma clase que Saturno, Júpiter y la Tierra; esto es, sin luz ni calor. No encuentro razón que justifique el que haya un cuerpo en nuestro sistema capaz de dar luz y calor al resto, que no sea que su autor lo juzgó conveniente. Y no sé por qué razón hay sólo un cuerpo de tal clase, a no ser porque uno era suficiente para calentar y alumbrar a todos los demás [...].

A su segunda pregunta respondo que los movimientos que los planetas tienen ahora no pudieron surgir solamente de una causa natural, sino que fueron impresos por un Agente inteligente. Puesto que los cometas descienden hacia la región de nuestros planetas, y aquí se mueven de todas las maneras posibles, haciendo a veces el mismo camino con los planetas, otras veces el camino contrario, y algunas otras de una manera transversal, en planos inclinados respecto al plano de la eclíptica, y con toda clase de ángulos, es evidente que no hay causa natural alguna que pueda determinar que todos los planetas, tanto los primarios como los secundarios, se muevan de la misma manera y en el mismo plano, sin ninguna variación considerable, por lo que todo esto debe haber sido el efecto de un plan. Ni tampoco hay causa natural que pueda imprimir a los planetas, aquellos grados exactos de velocidad necesarios para hacerlos moverse, en proporción a sus distancias al Sol y a otros cuerpos centrales, según las órbitas concéntricas que poseen alrededor de esos cuerpos [...]. Por lo tanto, para hacer este sistema con todos sus movimientos, se requirió una causa que entendiese y comparase entre sí las cantidades de materia en los cuerpos respectivos del Sol y los planetas, y las fuerzas gravitatorias resultantes de ello; las respectivas distancias de los planetas primarios desde el Sol, y de los planetas secundarios desde Saturno, Júpiter y la Tierra, y las velocidades con las que estos planetas podrían girar en torno a las cantidades de materia de los cuerpos centrales. Comparar y ajustar todas esas cosas entre sí, en tan gran variedad de cuerpos, nos obliga a concluir que esa causa no es ciega ni fortuita, sino que es muy hábil en mecánica y geometría.[53]

Dios aparece así como el creador de las leyes que rigen el universo. Esta imagen de una Divinidad creadora y rectora del mundo es la que encontramos en el Escolio General de los *Principia* y la que expresa mejor la concepción de Newton. Por otra parte, el silencio que había guardado sobre las causas últimas de los fenómenos, para

[53] *Cuatro cartas al Dr. Bentley. Carta al honorable Sr. Boyle sobre la causa de la gravitación*, pp. 22-24.

evitar mezclarlas con sus investigaciones experimentales, podía dar la impresión de que implicaba entender la gravedad como una propiedad esencial de la materia, que no precisaba ser derivada de ninguna otra fuente. Por eso, en su segunda carta a Bentley, puso especial interés en descartar semejante posibilidad.[54] En la tercera, vuelve sobre el mismo tema, indicando las consecuencias que se seguirían de la consideración de la gravedad como una fuerza inherente a la materia:

> Es inconcebible que la materia bruta inanimada, sin la mediación de algo más, que no es material, pueda operar y afectar a otra materia sin contacto mutuo, tal como lo haría si la gravitación, en el sentido de Epicuro, fuese esencial e inherente a la materia misma. Y ésta es una de las razones por las que desearía que no me atribuyese la defensa de una gravedad innata. El que la gravedad sea innata, inherente y esencial a la materia de tal forma que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia [a través de un *vacuum,* sin mediación de ninguna otra cosa], y que a través de dicha distancia su acción y su fuerza pueda ser comunicada de uno a otro, esto es para mí un absurdo tan grande que creo que ningún hombre que esté capacitado para pensar en cuestiones filosóficas pueda nunca caer en ello. La gravedad debe ser causada por un agente que actúe constantemente de acuerdo con ciertas leyes, aunque he dejado a la consideración de mis lectores si este agente es material o inmaterial.[55]

EL ESCOLIO GENERAL DE LOS *PRINCIPIA* Y LAS CUESTIONES 28 Y 31 DE LA *ÓPTICA*

Animado por Bentley y Cotes, Newton realizó en el Escolio General una defensa explícita de su filosofía de la religión y de la ciencia, así como de las estrechas relaciones que ambas guardaban. Allí, y en las Cuestiones 28 y 31 de la *Óptica,* se hace patente el importante papel que Dios desempeñaba en su filosofía natural, y en qué forma el Ser Supremo es responsable del orden inteligente y de la armonía regular de las cosas o de la finalidad que revela el universo entero:

> Sin embargo, el objetivo básico de la filosofía natural es argumentar a partir de los fenómenos, sin imaginar hipótesis, y deducir las causas a partir de los efectos hasta alcanzar la primerísima causa que ciertamente no es mecánica. Y no sólo para desvelar el mecanismo del mundo, sino fundamentalmente para resolver estas cuestiones y otras similares: ¿qué hay

[54] Al finalizar esta carta, con fecha 17 de enero de 1693, Newton escribe: "You sometimes speak of gravity as essential and inherent to matter. Pray do not ascribe that notion to me; for the cause of gravity is what I do not pretend to know, and therefore would take more time to considerer of it" *(Four Letters from Sir Isaac Newton to Doctor Bentley; Containing some Arguments in Proof of a Deity,* Letter II, Jan., 17, 1693, *Opera,* vol. IV, p. 437).

[55] *Cuatro cartas al Dr. Bentley. Carta al honorable Sr. Boyle sobre la causa de la gravitación,* p. 34.

> en los lugares vacíos de materia y cómo es que el Sol y los planetas gravitan unos hacia otros sin que haya entre ellos materia densa? ¿De dónde surge que la naturaleza no haga nada en vano y de dónde todo ese orden y belleza que vemos en el mundo? ¿Cuál es la finalidad de los cometas y a qué se debe que todos los planetas se muevan en la misma dirección en órbitas concéntricas, mientras que los cometas se mueven en todas direcciones según órbitas muy excéntricas? ¿Qué impide a las estrellas fijas caer unas sobre otras? ¿Cómo es que los cuerpos de los animales están ingeniados con tanto arte y qué finalidad tienen sus diversas partes? ¿Acaso el ojo ha sido diseñado sin pericia en óptica y el oído sin conocimiento de los sonidos? ¿Cómo se siguen de la voluntad los movimientos del cuerpo y de dónde surgen los instintos de los animales? [...] ¿No se sigue de los fenómenos que hay un ser incorpóreo, viviente, inteligente, omnipresente...?[56]

En su gran obra sobre mecánica, el Dios de Newton no aparece exclusivamente como la causa última del diseño y el orden que expresa el mundo, sino además, y sobre todo, como manifestación de su poder y dominio:

> Él lo rige todo, no como alma del mundo, sino como dueño de todos. Y por su dominio, suele ser llamado señor dios *pantocrátor* [...]. Dios sumo es un ente eterno, infinito, absolutamente perfecto: pero un ente cualquiera perfecto sin dominio no es dios señor [...]. La dominación de un ente espiritual constituye un dios [...]. Y de la verdadera dominación se sigue que un dios verdadero es vivo, inteligente y poderoso; de las demás perfecciones, que es sumo o sumamente perfecto [...]. Absolutamente desprovisto de todo cuerpo y figura corporal, no puede por ello ser visto ni oído, ni tocado, ni debe ser venerado bajo forma de cosa corpórea alguna. Tenemos ideas de sus atributos, pero que sea la sustancia de alguna cosa lo ignoramos por completo [...]. A éste le conocemos tan sólo por sus propiedades y atributos y por las sapientísimas y óptimas estructuras y causas finales de las cosas y le admiramos por las perfecciones, pero le veneramos y le damos culto por el dominio.

Precisamente, debido a su naturaleza y como expresión de su voluntad, Dios no sólo es creador y ordenador del mundo sino igualmente conservador del orden cósmico. Dios interviene activamente en él para preservarlo en dos sentidos. Primero, impidiendo que las estrellas fijas choquen en el espacio por la acción de la gravedad. En segundo lugar, manteniendo el orden del universo mediante el ejercicio continuo de su voluntad. Los principios activos del éter no eran suficientes para conservar el movimiento ni para superar las irregularidades que mostraban los movimientos de los planetas y de los cometas. Debido al retraso de los cometas en sus afelios, como conse-

[56] *Optics,* Libro III, *Opera,* vol. IV, pp. 237-238. (Versión española, pp. 319-320).

cuencia de sus atracciones mutuas, y a causa de las atracciones entre ellos y los planetas, el desorden en el universo aumenta de modo continuo; desorden que sólo puede detenerse por la intervención de un gobernador atento y providencial. El imperio de la mecánica racional contaba, pues, con su emperador.

REFERENCIAS

Obras de Newton

Cuatro cartas al Dr. Bentley. Carta al honorable Sr. Boyle sobre la causa de la gravitación (ed. Luis Rodríguez Luján y José Luis González Recio), Madrid, Editorial Complutense, 2001.

El sistema del mundo (trad. E. Rada), Madrid, Alianza, 1983.

El templo de Salomón (ed. C. Moreno, introducción J. M. Sánchez Ron), Madrid, Debate, 1996.

Newton, Isaac, *Selección,* Madrid, Espasa Calpe, 1972.

Opera quae existant omnia (facsímil de S. Horsley, Londres, 1779-1785), Stuttgart-Bat Connstatt, Verlag, Friedrich Forman, 1964.

Óptica (ed. C. Solís), Madrid, Alfaguara, 1977.

Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz (trad. E. Díaz del Castillo), Buenos Aires, Emecé, 1947.

Principios matemáticos de la filosofía natural (ed. E. Rada), Madrid, Alianza, 1987.

Principios matemáticos de la filosofía natural y su sistema del mundo (ed. A. Escohotado), Madrid, Editora Nacional, 1982.

Estudios sobre Newton

Andrade, E. N. da C., *Isaac Newton*, Londres, Max Parrish, 1950.

Bartelemy, G., *Newton, mécanicien du cosmos*, París, Librairie Philosophique J. Vrin, 1992.

Behcler, Z., *Contemporary Newtonian Research*, Dordrecht, Reidel, 1982.

Bertoloni, M. D., *Equivalence and Priority: Newton* versus *Leibniz*, Oxford, Oxford University Press, 1993.

Brewster, D., *Memoires of the Life, Writings and Discoveries of Sir Isaac Newton*, Nueva York, Johnson, 1965.

Brunet. P., *L'introduction des theories de Newton en France au XVILI siècle*, Ginebra, Slaktine, 1970.

Butts, R. E. y J. W. Davis (eds.), *The Methodological Heritage of Newton*, Oxford, Basil Blackwell, 1970.

Castillejo, D., *The Expanding Force in Newton's Cosmos*, Madrid, Ediciones del Arte y Bibliofilia, 1981.

Cohen, L. B., *Franklin and Newton*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1966.

———, *Introduction to Newton's Principia*, Cambridge University Press, 1971.

———, *The Newtonian Revolution* (trad. española de C. Solís, Cambridge University Press, 1980, Madrid, Alianza, 1983.

Christianson, G. E., *In the Presence of the Creator: Isaac Newton and His Times*, Nueva York, The Free Press, 1984.

———, *Isaac Newton and the Scientific Revolution*, Oxford, Oxford University Press, 1996.

Dobbs, B. J. T., *The Foundations of Newton's Alchemy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.

———, *The Janus Faces of Genius: The Role of Alchemy in Newton's Thought*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991.

Dóriga, E. L., *El universo de Newton y de Einstein*, 2a. ed., Barcelona, Herder, 1985.

Durham, F. y R. D. Purrington (eds.), *Some Truer Method: Reflections on the Heritage of Newton*, Nueva York, Columbia University Press, 1990.

Fauvel, J. *et al.* (eds.), *Let Newton Be!,* Oxford, Oxford University Press, 1988.

Feingold, M., *Before Newton: The Life of Isaac Barrow*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.

Force, J. E. y R H. Popkin (eds.), *Essays on the Context, Nature, and Influence of Isaac Newton's Theology,* Dordrecht, Kluwer Academic, 1990.

Gandt, F. de, *Force and Geometry in Newton's Principia*, Princeton, Princeton University Press, 1995.

García Jiménez, A., *Newton (1642-1727)*, Barcelona, Urbión, 1984.

Gjertsen, D., *The Newton Handbook*, Londres/Nueva York, Routledge & Kegan Paul, 1986.

Guerlac, H., *Newton on the Continent*, Ithaca, Cornell University Press, 1981.

Hall, R., *Philosophers at War. The Quarrel between Newton and Leibniz*, Cambridge University Press, 1980.

———, *From Galileo to Newton*, Nueva York, Dover, 1981.

———, *Isaac Newton: Adventurer in Thought*, Oxford, Blackwell, 1992.

Harrison, J., *The Library of Isaac Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.

Herivel, J., *The Background to Newton's Principia*, Oxford, Oxford University Press, 1965.

Jacob, M. C., *The Newtonians and the English Revolution 1687-1720*, Ithaca, Cornell University Press, 1976.

Koyré, A., *Études newtonienes*, París, Gallimard, 1968.

Maclaurin, C., *An Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries,* Nueva York, Johnson, 1968.

———, *Tradition and Innovation: Newton's Metaphysics of Nature*, Dordrecht, Kluwer Academic, 1996.

Manuel, F., *Isaac Newton, Historian*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1973.

———, *The Religion of Isaac Newton*, Oxford, Oxford University Press, 1974.

———, *A Portrait of Isaac Newton*, Londres, Frederick Muller, 1980.

Mataix, C., *Newton*, Madrid, Ediciones del Orto, 1995.

Mcguire, J. y M. Tamny (eds.), *Certain Philosophical Questions, Newton's Trinity Notebook*, Cambridge University Press, 1983.

Merton, R., *On the Shoulders of Giants*, Nueva York, The Free Press, 1965.

More, L. T., *Isaac Newton, a Biography*, Nueva York, Dover, 1962.

Nicholson, M. H., *Newton Demands the Muse. Newton's 'Optics' and the Eighteenth Century Poets*, Princeton, Princeton University Press, 1946.

Pala, A., *Isaac Newton*, Turín, G. Einaudi, 1969.

Palter, R. (ed.), *The Annus Mirabilis of Sir Isaac Newton 1666-1966*, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1970.

Pemberton, H., *A View of Sir Isaac Newton's Philosophy*, Nueva York, Johnson, 1972.

Pérez Hernández, C., *Hume, intérprete de Newton*, Madrid, Editorial Complutense, 2003.

Randall, J. H., *Newton's Philosophy of Nature*, Nueva York, The Free Press, 1985.

Ratansi, P. M., *Isaac Newton and Gravity*, Londres, Wildwood House, 1974.

Rioja, A. y J. Ordóñez, *Teorías del universo*, Madrid, Síntesis, 1999.

Sabra, A. I., *Theories of Light from Descartes to Newton*, Londres, Oldboume, 1967.

Scheurer, P. B. y G. Debrock (eds.), *Newton Scientific and Philosophical Legacy*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988.

Stefens, H. J., *The Development of Newtonian Optics in England*, Nueva York, Science History Publications, 1977.

Thackra Y, A., *Atoms and Powers*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1970.

Thayer, H. S. (ed.), *Newton's Philosophy of Nature*, Nueva York, Hafner, 1953.

Trenchard, M. L., *Isaac Newton 1642-1727*, Nueva York, Dover, 1962.

Wallis, P. y R Wallis, *Newton and Newtoniana 1672-1975*, Londres, Dawsons, 1977.

Westfall, R. S., *Force in Newton's Physics*, Londres, MacDonald, 1971.

———, *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1980.

———, *The Life of Isaac Newton*, Cambridge University Press, 1994.

Webster, C., *De Paracelso a Newton. La magia en la creación de la ciencia moderna* (trad. A. Miquel y C. Lucotti), México, FCE, 1988.

White, M., *Isaac Newton: The Last Sorcerer*, Londres, Fourth Estate, 1998.

III

LA HISTORIA NATURAL
Y EL INICIO DE LA GEOLOGÍA



CAPÍTULO 7

OBJETOS FÓSILES

M. J. S. Rudwick

I

El 28 de julio de 1565, Conrad Gesner (1516-1565), el mayor naturalista de su siglo, dio término a su libro *On Fossil Objects.*[1] Es una fecha apropiada como punto de partida para esta historia de la paleontología. El libro de Gesner fue un momento crucial en la aparición de esta ciencia, ya que incorporó tres innovaciones de gran importancia para el futuro y, al mismo tiempo, tanto su forma como su contenido epitomizan a la perfección la matriz científica y social en que se produjo esta aparición.

El breve nombre del libro de Gesner resulta engañoso: su título completo sería *A Book on Fossil Objects, chiefly Stones and Gems, their Shapes and Appeareances.* Esto nos muestra, a primera vista, que la palabra "fósil" ha cambiado radicalmente de significado desde los tiempos de Gesner. Originalmente, la palabra significaba, ni más ni menos, "excavada", y Gesner, como todos sus coetáneos y predecesores hasta Aristóteles, la utilizaba para describir *cualquier* objeto o material notable excavados de la tierra o encontrados en su superficie. Esto, por supuesto, incluía a los fósiles en el sentido moderno, pero abarcaba también mucho más. El libro de Gesner trataba de una serie de objetos que hoy reconoceríamos como restos fósiles de organismos, pero que eran descritos en el contexto de una gran variedad de menas minerales, cristales naturales y rocas útiles.

Este cambio en el significado de la palabra "fósil" está muy lejos de ser una cuestión etimológica trivial: constituye una de las claves del primer gran problema de la historia de la paleontología. Éste no consistía simplemente en decidir si los fósiles tenían o no origen orgánico. Tampoco se trataba de reconocer su "obvia" similitud con los animales y las plantas vivientes, ni de combatir ideas "absurdas" de que podían no ser restos de esos organismos. Por el contrario, su similitud con los organis-

[1] Conradus Gesnerus, *De Rerum fossilium, Lapidum et Gemmarum maxime, figuris et similitudinibus liber,* Tiguri, 1565. Willy Ley, "Konrad Gesner, Leben und Werk", *Münchener Beiträge zue Geschichte und Literatur der Naturwissenschaften und Medezin,* Heft 15-16, München, 1929. Gerald P.R. Martin, "Conrad Gesner. Zu seinemvierhundertsten. Todestage am 13. Dezember 1965", *Natur und Museum,* Frankfurt, 1965, vol. 95, pp. 483-494.

mos vivientes era, generalmente, muy poco obvia o fácil de percibir; e incluso, una vez percibida, no tenía nada de absurdo sugerir que las citadas similitudes podrían no ser de naturaleza causal.

Los primeros naturalistas como Gesner se enfrentaban a una muy amplia variedad de "objetos excavados". En lo que se refiere a las similitudes orgánicas, estos objetos pueden disponerse en un amplio espectro. En uno de sus extremos estarían los objetos con escasa o nula similitud con los organismos. Los cristales, como las gemas, y las rocas útiles como el mármol, serían de esta naturaleza. En el extremo opuesto del espectro se encuentran objetos, tan claramente parecidos a organismos, que la analogía no puede ser ignorada. Pero entre estos extremos se halla una gran variedad de objetos con diversos grados de similitud con los organismos vivos, aunque esa similitud es ambigua y difícil de interpretar. En términos modernos, esta categoría incluye a multitud de fósiles cuya preservación induce a confusión, y otros que pertenecen a grupos de organismos extintos, pero incluye también muchas concreciones y otras estructuras inorgánicas con una similitud fortuita con los organismos vivos.

Retrospectivamente, podemos ver que el problema esencial consistía en determinar *cuáles* de entre aquel amplio espectro de objetos eran orgánicos y cuáles no. Resulta por lo tanto equívoco decir que algunos escritores antiguos pensaban que los fósiles eran orgánicos y otros no. Es esencial descubrir qué clase de "fósiles" tenían en mente.[2] En algún lugar del espectro había que distinguir a los objetos que tenían similitudes significativas con los organismos de aquellos en los que la semejanza estaba ausente o era meramente fortuita. No obstante, los criterios para esta distinción no eran evidentes por sí mismos. Cuando, con el paso del tiempo fueron aclarándose, los objetos que presentaban una semejanza causalmente significativa con los organismos pasaron a denominarse "fósiles organizados" o "fósiles extraños", para distinguirlos del resto de los "objetos excavados". Pero no fue hasta el siglo XIX cuando la palabra "fósil", sin calificativos, pasó a representar este extremo del espectro, aunque, incluso en nuestros días, esté presente el recuerdo de su antiguo significado en la utilización de términos como "combustibles fósiles" para aplicarlos al carbón y el petróleo. Mientras tanto, el origen inorgánico de otros muchos "objetos fósiles" empezaba a aclararse. Esto dejaba en el centro del espectro un grupo, cada vez más reducido, de objetos cuyo origen era incierto; y en la paleontología moderna este grupo persiste bajo el nombre de *Problemática,* una a modo de colección de objetos dudosamente orgánicos, o cuyas afinidades son, como mínimo, inciertas. La cuestión de la naturaleza de los fósiles, por consiguiente, no se resolvió en una sencilla pugna entre opiniones "correctas" y "erróneas": fue un debate mucho más sutil acerca del signifi-

[2] M.J.S. Rudwick, "Problems in the Recognition of Fossils as organic Remains", *Actes, Xme Congrés internationale de l'Histoire des Sciences* (1964), pp. 985-987.

cado y la clasificación de todo el espectro de los "objetos fósiles".

II

Antes de analizar las fases anteriores del debate acerca de los fósiles, merece la pena considerar el contexto en el que fueron estudiados por los naturalistas del siglo XVI. Con su pequeño libro de "fósiles", Gesner no pretendía publicar más que un ensayo preliminar, que hubiera sido ampliado posteriormente en un trabajo exhaustivo acerca del tema. Este último trabajo jamás llegó a escribirse: pocos meses después de finalizar el libro preliminar, Gesner murió en su casa de Zurich, durante una epidemia de peste, dejando tras de sí una incalculable cantidad de materiales sin publicar. Puesto que su trabajo acerca de los "fósiles" era tan sólo una pequeña parte de un programa mucho más amplio con el que pretendía abarcar la totalidad de la Historia Natural, su *History of Animals* (1551-1558)[3] nos da una indicación del carácter que hubiera tenido su gran obra acerca de los "fósiles". Tanto en su contenido como en su estructura pueden verse reflejados las actitudes y los métodos característicos de un naturalista del Renacimiento, y estos mismos rasgos pueden percibirse, si bien a pequeña escala, incluso en el libro *On Fossil Objects*.

La actitud característica hacia la historia de los hombres del Renacimiento, que consideraban a su propia época como una era de iluminación y recuperación de los logros y valores de la Antigüedad clásica, llevó a los naturalistas como Gesner a adoptar un enfoque enciclopédico respecto del objeto de su trabajo. En alguna medida, esto era una deliberada imitación del modelo clásico establecido por Plinio en su *Historia Natural,* que fue reimpresa multitud de veces durante el siglo XVI. Pero era también reflejo de su aceptación del valor, *tanto* de los escritores de la Antigüedad *como* del de sus propios coetáneos. La *History of Animals* de Gesner, por ejemplo, pretendía ser digna sucesora de la gran obra homónima de Aristóteles, pero disponía las observaciones de Aristóteles junto a las de los coetáneos de Gesner. Pretendía reunir todo aquello que había sido escrito acerca de los animales, desde Aristóteles hasta su propia época; comparar y seleccionar estas opiniones y, de ese modo, obtener una sólida base para futuros estudios. Parecía esencial registrar en su totalidad las opiniones tanto de los escritores antiguos como de los modernos, aunque a menudo sus puntos de vista entraran en conflicto, e incluso aunque el recopilador manifestara ocasionalmente su escepticismo acerca de las aseveraciones más sensacionalistas. Con todo, en una era en la que la exploración geográfica extendía las fronteras de la historia natural casi año tras año, frecuentemente con el descubrimiento de criaturas notables e inesperadas, no resultaba prudente descartar *a priori* como absurdos muchos informes, y a Gesner le pareció prudente incluir en su recopilación a multitud de monstruos

[3] Conradus Gesnerus, *Historiae Animalium*, Tiguri, 1551-8, 4 volúmenes.

singulares, si bien expresando sus dudas acerca de su autenticidad.

Con este afán enciclopédico y recopilativo, no resulta sorprendente que los naturalistas del siglo xvi produjeran ingentes obras enciclopédicas. Las obras de Gesner son un buen ejemplo: publicó dos enormes volúmenes en gran folio dedicados a los animales; dos más quedaron sin publicar tras su muerte, y por aquel entonces estaba trabajando también en una recopilación botánica de similar alcance. No puede quedar mucha duda de que su trabajo exhaustivo sobre los "fósiles", si hubiera vivido para escribirlo, hubiera tenido el mismo carácter. También sugiere esto el trabajo, comparable al suyo, realizado por su casi coetáneo, el naturalista boloñés Ulysse Aldrovandi (1522-1605), quien, a lo largo de su vida, de mucha mayor duración, escribió obras enciclopédicas similares acerca de todas las ramas de la historia natural. Su *Museum of Metals* (1684)[4] –la palabra ha visto reducido su significado, como ocurrió con "fósil", pero durante esa época se aplicaba, a grandes rasgos, a todos los materiales minerales– permaneció sin publicar hasta transcurridos casi ochenta años de la aparición del pequeño libro de Gesner; sin embargo, en su voluminosidad y su enciclopédico contenido, probablemente sea similar a lo que habría sido el trabajo de éste.

El historial renacentista del trabajo de Gesner está presente no sólo en su carácter enciclopédico, sino también en el énfasis filológico de su contenido. Esto es reflejo de su formación como humanista. Su educación literaria, basada en las lenguas clásicas, le había inducido un gran respeto por los estándares de exactitud textual subyacentes a las nuevas ediciones críticas de estudiosos como Erasmo. Trasplantado esto a sus trabajos sobre Historia Natural, le llevó a atribuir una gran importancia a la determinación de qué era exactamente lo que habían escrito los clásicos acerca de los animales y las plantas, y a otorgar un gran peso a sus opiniones. Los logros de los naturalistas de la Antigüedad y, en especial, de Aristóteles, habían sido, en efecto, tan notables, que ese respeto era bien merecido. Pero para poder sacar pleno partido a esos logros era imperativa una identificación precisa. Por consiguiente, en su tratamiento de cada organismo, Gesner dio prioridad a las cuestiones de nomenclatura y sinonimia. De igual modo, su pequeño libro sobre "fósiles" mencionaba los nombres en latín, griego y alemán de cada objeto que describía, y prometía que, en el trabajo exhaustivo aún por realizar, abordaría a fondo su "filología" (figura 1).

La preocupación de Gesner por una identificación precisa nos suministra el contexto en el que se produjo la más importante innovación incorporada a su libro *On Fossil Objects*. Fue el primer texto en el que se utilizaron de modo sistemático las ilustraciones para complementar un texto dedicado a los "fósiles". No resulta fácil exagerar

[4] Ulyssus Aldrovandus, *Musaeum Metallicum in Libros IIII distributum*..., Boloniae, 1648. Fue editado por Bartolomeo Ambrosino, probablemente a partir del material mencionado en Aldrovandi como *Geologia ovvero De Fossilibus* (véase Adams, *Birth and Development*, p. 166).

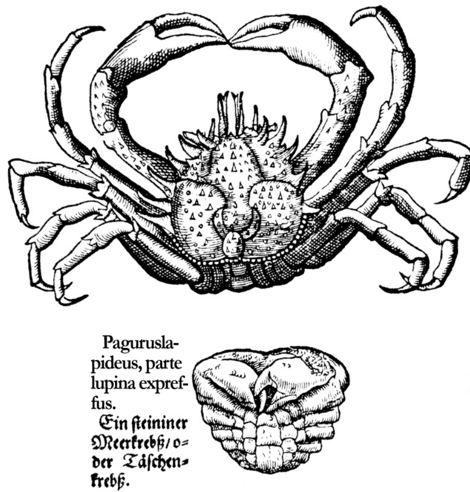


Figura 1. Ilustraciones de Gesner (1565, 1558) de un cangrejo fósil *(abajo)* y de un cangrejo viviente *(Pagurus)* al que se parecía *(arriba)*. Nótese la leyenda bilingüe junto al fósil.

la importancia de esto. Anteriormente, en ese mismo siglo, se habían publicado varios libros que describían una gama similar de objetos, y algunos de los nombres en ellos utilizados pueden ser rastreados, a través de los "lapidarios" medievales, hasta los trabajos de autores clásicos. No obstante, en ausencia de ilustraciones, ningún escritor podía estar seguro de estar aplicando un nombre en el mismo sentido utilizado por sus predecesores. El efecto de la innovación de Gesner puede apreciarse de un modo llamativo si comparamos su libro con un trabajo anterior y más famoso, del naturalista alemán Georg Bauer (1494-1555) –mejor conocido por su nombre literario Agrícola–, *On the Nature of Fossils* (1546).[5] Ambos libros tratan esencialmente el mismo tipo de objetos, pero, dada la absoluta ausencia de ilustraciones, a menudo resulta muy difícil saber exactamente qué objetos describía Agrícola, mientras que, en el libro de Gesner, queda inmediatamente claro gracias a las xilografías. Puesto que la naturaleza de la mayor parte de los "objetos fósiles" no era bien conocida, resultaba difícil para cualquier naturalista del siglo xvi decidir qué rasgos eran esenciales para la descripción y cuáles eran tan sólo accidentales, e incluso saber cómo describir, de la mejor manera posible, con palabras, cualesquiera rasgos. Las ilustraciones suministraron un medio para superar este problema, al permitir una comunicación no verbal entre autor y lectores, mitigando así los riesgos de unos medios inadecuados de expresión verbal. El propio Gesner fue consciente de la importancia de lo que hacía, ya que afirmó que incluía todas las ilustraciones posibles "para que los estudiantes puedan reconocer con mayor facilidad objetos que resulta difícil describir claramente con palabras".[6]

El empleo de las ilustraciones para complementar y explicar un texto científico no fue, en sí mismo, una innovación. En otras ramas mejor establecidas de la Historia Natural, la utilización de xilografías había llegado ya a elevados niveles de excelencia artística y científica. El magnífico

[5] Georgius Agricola, *De Natura Fossilium Lib. X*, Basiliae, 1546. Para una versión moderna, véase la traducción de M.C. Bandy y J.A. Bandy, "De Natura Fossilium (libro de texto de mineralogía) de Georgius Agricola", *Geological Society of America, Special Paper*, núm. 63 (1955).

[6] Gesner, *De Rerum fossilium, Epístola dedicatoria.*

Comentaries on the History of Plants (1542), de Leonhart Fuchs, y el gran trabajo de Andreas Vesalius, *On the Construction of the Human Body* (1543), ambos ilustrados con dibujos de soberbia calidad, habían sido publicados hacía más de veinte años.[7] Y el propio Gesner había utilizado cientos de xilografías en su *History of Animals,* cuyos volúmenes fueron un monumento a la utilidad de las ilustraciones como ayuda para la identificación (véase figura 2); sin embargo, éste parece ser el único precedente a la iniciativa de Gesner.[8] Su libro era similar, tanto en extensión como en alcance, pero incluía un número muy superior de xilografías, que suministraban de forma sistemática las ilustraciones necesarias para cada una de sus partes. Incluso los dibujos de "fósiles" padecían, en cierta medida, las mismas limitaciones que las descripciones verbales, ya que seguía sin estar claro en todos los casos cuáles eran los rasgos merecedores de una mayor atención. Gesner era consciente de esto y expresaba su esperanza de que si sus lectores consideraban que alguno era "difícil de reconocer, no me culpen a mí, sino a la dificultad de la tarea". Con todo, a pesar de lo rudimentario de algunas de sus xilografías, introdujeron un cambio técnico que fue de la

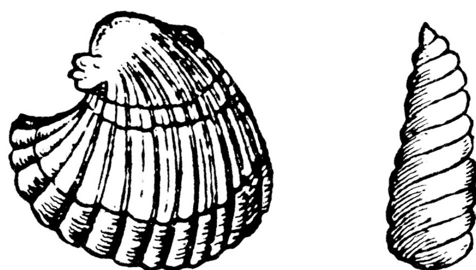


Figura 2. Dos grabados en madera de conchas fósiles (1557), probablemente las primeras ilustraciones de fósiles jamás publicadas en un libro editado en Occidente. Posteriormente fueron publicadas de nuevo por Gesner.

mayor importancia para la futura ciencia de la paleontología.

La ulterior explotación de las ilustraciones como método auxiliar para la identificación de los "fósiles" puede verse en los cientos de xilografías del libro de Aldrovandi que, también en este aspecto, probablemente sirva de indicador de lo que habría sido el gran trabajo de Gesner (figura 3). Las xilografías, no obstante, tenían sus limitaciones: a menos que fueran de gran tamaño (como algunas de Aldrovandi) imponían un estilo de dibujo realmente grosero, pobremente adaptado a la creciente necesidad de detalle. A finales de siglo, por lo tanto, los naturalistas empezaron a explotar uno de los sorprendentes inventos de los artistas del Renacimiento. En concreto, la técnica del grabado en cobre. A pesar de resultar mucho más costosa, en manos de un grabador competente esta técnica permitía obtener muchos más detalles y unos sombreados mucho más sutiles, que ofrecían una mayor ilusión de solidez tridimensional (figura 4) en los dibujos. En este sentido, el libro de "fósiles" de Aldro-

[7] Leonardus Fuchsius, *De Historia Stirpium Commentarii,* Basiliae, 1542; Andreas Vesalius, *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem,* Basiliae, 1543.

[8] Christophorus Encelius, *De Re metallica, hoc est. de Origine, Varietate* & *Natura Corporum Metallicorum, Lapidum, Gemmarum, atq. aliarum, quae ex Fodinis cruumtur, Rerum, ad Medicinae Usum deseruientium, Libri III,* Francofurdi, 1557.

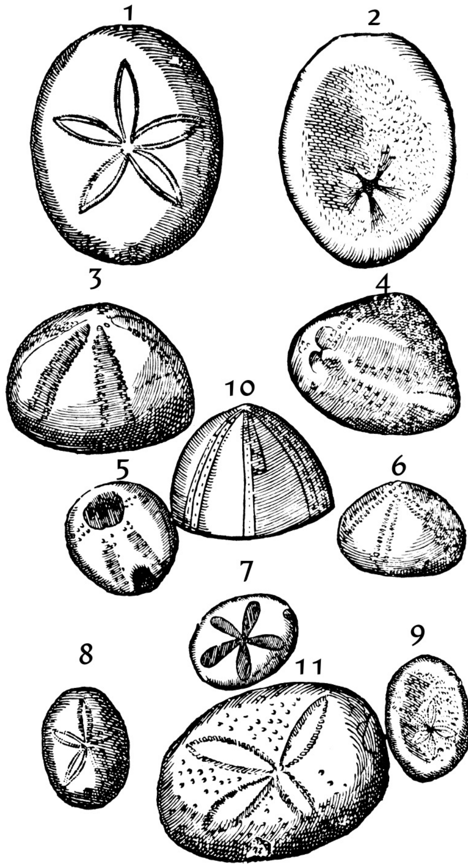


Figura 3. Una página de ilustraciones de erizos marinos fósiles del vasto libro de Aldrovandi sobre fósiles. Contrasta la tosquedad de estos grabados en madera del siglo XVI con la delicadeza de un grabado en cobre de un fósil similar a comienzos del siglo XVII (figura 4).

vandi estaba ya pasado de moda cuando hizo su largamente postergada aparición; por aquel entonces se venían utilizando los grabados en cobre para la ilustración de fósiles desde hacía ya más de treinta años, habiendo sido publicados algunos de los primeros grabados (véase figura 11) a comienzos del siglo XVII por el naturalista napolitano Fabio Colonna (1567-1650).[9]

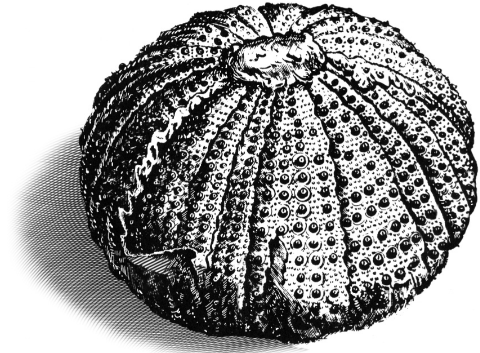


Figura 4. Un grabado en cobre de un fósil de erizo marino procedente de un catálogo de museo publicado en 1622. Compárese con el tratamiento relativamente tosco de fósiles similares en las primeras ilustraciones en madera (figura 3).

El paso de la xilografía a los grabados en cobre fue tan sólo el primero de multitud de adelantos técnicos en el mundo de la ilustración, normalmente tomados del mundo de las artes visuales, por medio de los cuales los paleontólogos han podido mejorar la calidad y la precisión de su intercomunicación no verbal. Esta dependencia de las ilustraciones no refleja un estado "inmaduro" de la ciencia, sino que es más bien un elemento esencial de su estructura, que deriva de la naturaleza inherente de su objeto de estudio. Los adelantos técnicos en la ilustración, podríamos decir, han desempeñado, en la historia de la paleontología, un papel similar al de las mejoras en los instrumentos de medida en las ciencias físicas.

[9] Fabius Columnis, *Aquatilium, et Terrestrium aliquot Animalium, aliarumq. natuaralium Rerum observationes,* Roma, 1616.

III

La utilización de las ilustraciones por parte de Gesner en sus trabajos sobre historia natural refleja no sólo su preocupación por identificar con precisión el material descrito por los antiguos, sino también su énfasis sobre la importancia de la experiencia de primera mano. Su respeto por la opinión de los autores clásicos se veía atemperado por un método de estudio en el que se otorgaba un gran peso a la observación personal. En todo su trabajo acerca de la Historia Natural, Gesner recopiló su material desde la mayor proximidad posible a la observación directa o, cuando ésta no era posible, al menos de la observación directa de especímenes conservados. De hecho, y siguiendo el ejemplo de Fuchs, empleó a un dibujante y a un grabador para que realizaran las ilustraciones bajo su supervisión directa, para poder garantizar los más altos niveles de precisión en la representación de los especímenes por él recolectados o que le hubieran sido enviados.

Este énfasis que él ponía en la importancia de observar la naturaleza por uno mismo es característico de una línea de pensamiento del siglo XVI que era, en alguna medida, la opuesta a la atención prestada por los humanistas a la recuperación precisa de los escritos de los Antiguos. Los adelantos en la tecnología y los viajes de exploración empezaban a suministrar un "modelo" de la historia humana que habría de desviar la atención del hombre de la recuperación exclusiva de un pasado dorado, persuadiéndole de que tal vez su propia época fue superior a la Antigüedad. Este sentimiento, en especial entre aquellos más directamente implicados en empresas prácticas que se veían afectadas por los nuevos descubrimientos, favoreció la opinión de que también la naturaleza debía ser estudiada sin actitudes acríticas frente a las opiniones de los Antiguos. De entre quienes escribieron sobre "fósiles", el ceramista francés Bernard Palissy (1510?-1590) constituye un buen ejemplo de esta tendencia antitradicionalista. Los viajes de Palissy como alfarero le suministraron experiencia de primera mano de una amplia gama de "fósiles" y, en especial, de los materiales utilizados en cerámica. Al mismo tiempo, se jactaba de ignorar las lenguas clásicas y las enseñanzas tradicionales de las universidades, y se deleitaba poniendo al descubierto supuestos errores de escritores más "cultivados".

Esta actitud antiautoritaria ha sido ligada, en ocasiones y de un modo directo, al rechazo por parte de los protestantes de la tradición católica. No obstante, para los protestantes "ortodoxos" la importancia de la experiencia personal quedaba siempre equilibrada por el hincapié hecho en el valor central de la *Biblia*, lo que les daba una afinidad natural para con el más amplio movimiento humanista. Los estudiosos humanistas tenían como objetivo recuperar no sólo los escritos de la Antigüedad clásica, sino también los documentos bíblicos que, del mismo modo, eran un legado del mundo antiguo y, por consiguiente, accesibles a los mismos métodos textuales: en ambos casos el objetivo era ir más allá de las corrupciones acumuladas en el trans-

curso de anteriores siglos hasta llegar a la pureza de los textos originales. Gesner, que nació y vivió la mayor parte de la Reforma, se hubiera sentido identificado con esta tarea: no sólo había aprendido griego, sino también hebreo para poder leer los textos bíblicos originales. De hecho, se ha llegado a decir que la preocupación de los protestantes por retornar a las fuentes originales del Cristianismo tuvo un efecto muy positivo en la actitud comparable de querer estudiar "de primera mano" la totalidad del mundo natural, y Gesner resulta un buen abogado de esta tesis.[10] Existían, es cierto, corrientes más radicales de pensamiento, tanto en las ciencias naturales como en la religión, que rechazaban con aún mayor énfasis la autoridad de la tradición, pero Gesner era exquisitamente consciente del valor de los Clásicos, y no cabía esperar que siguiera tales caminos dentro de la historia natural, del mismo modo que su gran amigo de Zurich, el reformador Heinrich Bullinger, era demasiado consciente del papel central del Nuevo Testamento como para seguirlo en el terreno de la teología.

El enfoque enciclopédico, combinado con el hincapié hecho en la observación personal de la naturaleza, suministra el contexto de la segunda innovación aportada por el libro de Gesner *On Fossil Objects.* La base de este trabajo descriptivo fue la creación de una colección de especímenes. Las ilustraciones publicadas resultaban, a todas luces, tan sólo un sustitutivo cómodo de los museos: podían duplicarse en grandes cantidades por medio de la imprenta, poniendo así a disposición de los naturalistas del mundo exactamente los mismos datos. No obstante, hasta las ilustraciones podían ser equívocas y ambiguas, y su valor se veía muy ensalzado si, en casos de duda, resultaba posible estudiar los especímenes originales que habían sido copiados. Esto suponía la creación expresa, y la preservación, de colecciones de museo. También en este caso, como en el de las ilustraciones, otras ramas mejor establecidas de las ciencias naturales habían abierto ya el camino. Los jardines botánicos fueron fundados en multitud de universidades en el transcurso del siglo XVI, y se vieron complementados por la invención del "Jardín seco" o herbario (*Hortus siccus*), para plantas prensadas. Los animales resultaban más difíciles de preservar, si bien podían recolectarse huesos y conchas. La formación de museos con materiales pertenecientes a la historia natural obedeció, naturalmente, al entusiasmo renacentista por la recolección de reliquias de la Antigüedad, y, en muchos museos primitivos, se acumulaban sin orden ni concierto todo tipo de objetos, naturales y artificiales.

Con todo, y en lo que se refiere a los objetos "fósiles", la preservación en museos resultaba aún más adecuada que para los animales y las plantas: no era simplemente un sustitutivo útil, aunque de segunda categoría, de una colección de vivientes, sino más bien, como en el caso de las colecciones de antigüedades, el mejor medio posible para

[10] C.E. Raven, *Natural Religion and Christian Theology,* primera serie, *Science* and *Religion,* Cambridge, 1953. Véase capítulo 5, "Gesner and the Age of Transition".

preservar los objetos deseados. Agrícola y otros autores anteriores probablemente crearan sus propias colecciones, pero el libro de Gesner es el primer trabajo sobre "fósiles" que hace referencia expresa a tal colección. Gesner expresó su gratitud a su amigo el médico Johann Kentmann de Torgau (1518-1574) por enviarle especímenes con los que complementó su colección, y saldó su deuda reproduciendo el catálogo de la colección de Kentmann en la portada del primer volumen en que incluía sus propios trabajos.[11] La importancia del museo como innovación, en esta rama de la historia natural, viene simbolizada por el frontispicio del catálogo de Kentmann, la única ilustración que contenía. Su pequeño armario con cajones numerados (figura 5) era significativamente denominado *Arca*, término que destaca su función de preservador de objetos "fósiles". Si no se hubiera establecido una tradición de preservación en los museos, resulta difícil imaginar de qué modo podría haber surgido una ciencia como la paleontológica. Como ocurre con el uso de las ilustraciones, la importancia de los museos no es síntoma de inmadurez en esta ciencia, no indica una fase "descriptiva" aún no superada, por el contrario, los museos son un rasgo central necesario en la actividad del estudio de los fósiles, que una vez más procede de la naturaleza inherente a éstos.

El "Arca" de Kentmann, y el catálogo publicado de su contenido, fueron seguidos de cerca por proyectos similares, si bien de mayor volumen. Por ejemplo, en el Vaticano se creó un "Salón de Minerales" (*Metallotheca*) capaz de compararse con la Biblioteca papal (*Bibliotheca*) –su contenido fue descrito en un catálogo por el médico papal y naturalista Michele Mercati (1514-1593), catálogo que fue posteriormente ampliado por el botánico Andreas Caesalpino (1519-1603). Del mismo modo, el naturalista Francisco Calzolari (1521-1600) creó en Verona un gran, pero misceláneo, Museo de Historia Natural, que siguió después su andadura de la mano de su hijo. Los catálogos publicados nos ofrecen, una vez más, una buena impresión no sólo del alcance de su contenido, sino también de la atmósfera de tales museos.[12] Este tipo de catálogos estableció una tradición que continúa en nuestros días con la publicación de reproducciones de fósiles y objetos relacionados con ellos.

IV

La deuda de Gesner para con Kentmann no es más que un ejemplo del tipo de actividad que subyacía a todos sus trabajos. Sus recopilaciones dependían no sólo de

[11] I. Kentmanus, *Nomenclaturae Rerum fossilium, quae in Misnia praecipue* & *in aliis quoque regionibus inveniuntur,* Tiguri, 1565.

[12] Michaelus Mercatus, *Metallotheca vaticana,* Romae, 1719 (aunque publicado mucho después de su compilación, era conocido en manuscrito, y fue empleado, por ejemplo, por Steno en el siglo XVII); Andreus Caesalpinus, *De Metallicis Libri tres,* Romae, 1583. J.B. Olivus, *De reconditis et praecipuis Collectaneis ab Francesco Calceolario veronensi in Musaeum Franc. Calceolari iun. Veronensis*..., Veronae, 1622.

ARCA RERVM FOSSIlium Ioan. Kentmani.

1 TERRAE	2 SVCCI NATIVI.
3 EFFLORESCENTES	4 PINGVES
5 LAPIDES	6 LAPID. IN ANIMALIBVS
7 FLVORES	8 SILICES
9 GEMMAE	10 MARMORA
11 SAXA	12 LIGNA IN Saxa corporata
13 ARENAE	14 AVRVM
15 ARGENTVM	16 ARGENTVM VIVVM
17 AESSEV CVPRVM	18 CADMIA MET. PLVMBAGO
19 PYRITES	20 PLVMBVM NIGRVM
21 CINEREVM	22 CANDIDVM
23 STIBI	24 FERRVM
25 STOMOMA	26 MARINA VARIA

Quicquid terra sinu, venisq́ recondidit imis,
Thesauros orbis hac brevis arca tegit.
Iam magna est tacitas naturae inquirere vires,
Maior in hoc ipsum munere nosse Deum.
Georg. Fabricius C.

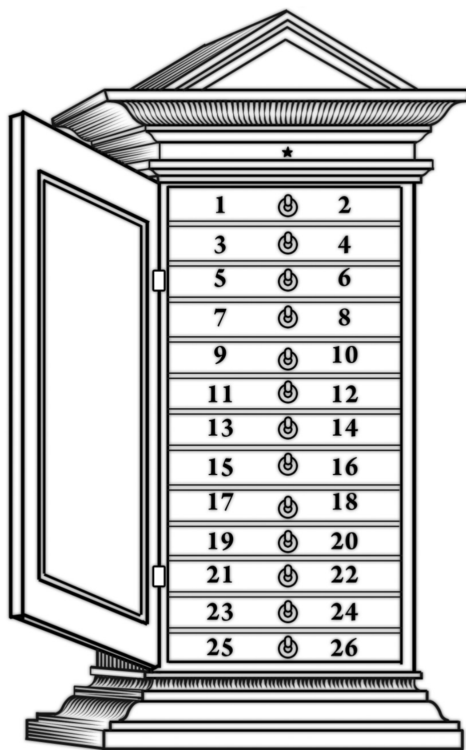


Figura 5. La primera ilustración publicada (1565) de una colección de "objetos fósiles" de un museo: el "Arca" o gabinete de Johann Kentmann. Nótese la amplia variedad de objetos indicados en la lista: por ejemplo, "tierras" (1), pedernales (8) y mármoles (10); oro (14), plata (15), hierro (24); "piedras en animales" (6) y "varios objetos marinos" (26). La mayor parte de los fósiles, en el sentido moderno, habría sido incluida bajo las categorías "piedras" (5) y "madera incluida en rocas" (12).

los trabajos anteriormente publicados por otros autores, tanto antiguos como modernos, y de sus propias observaciones personales, sino también de su capacidad de recurrir a informaciones nuevas y no publicadas que le eran suministradas por su red de corresponsales científicos. En cuanto a esta última, no era especialmente infrecuente: la correspondencia entre académicos, como recuperación de una tradición clásica, fue otra de las formas en que la educación humanista benefició, durante el Renacimiento, y de un modo directo, al estudio de la naturaleza, además de aportar, con el latín, un medio para facilitar la comunicación más allá de las fronteras. En una era en la que los viajes no se emprendían a la ligera, los contactos entre los académicos, por medio de cartas, resultaban por supuesto valiosos para el intercambio y estímulo de ideas en cualquier rama del conocimiento. Con todo, este cambio resultó importante por diferentes motivos en cada una de las ramas de la Historia Natural. El tema

de estudio de la Astronomía o la Química no depende estrechamente de la situación geográfica, mientras que el estudio de la Botánica, o la Zoología, depende por completo de ella. Por eso, no fue en absoluto un accidente que durante la recopilación de su *History of Animals* y la recolección de materiales para un trabajo equivalente sobre botánica, Gesner se construyera una red de corresponsales de extensión realmente excepcional, que abarcaba geográficamente desde Italia hasta Inglaterra, y desde Polonia hasta España, cruzando todas las fronteras ideológicas y políticas de una Europa dividida por el periodo de la Reforma.

Este es el contexto en el que se hace evidente la tercera innovación incorporada al libro *On Fossil Objects* de Gesner. Es el primero de este tipo de trabajos en el que aparece claramente expresado un programa de investigación cooperativa sobre los "fósiles". Gesner había recibido ya especímenes y dibujos de Kentmann y otros corresponsales, pero su libro fue explícitamente diseñado para obtener ulteriores informaciones del mismo tipo. Había sido escrito, como explicaba él mismo, "bastante de prisa y sin demasiada preparación", en momentos de ocio, y con el fin específico de estimular en otros el interés por el tema. Su objetivo era "incitar a otros estudiantes de estos objetos en otros lugares del mundo, a que me envíen más especímenes de piedra dignos de registrar y adecuados para su reproducción precisa". Podemos hacernos una idea de la respuesta que obtuvo esta solicitud por el hecho de que, sólo en las bibliotecas de Cambridge, se conserva media docena de copias del libro de Gesner (en su mayor parte adquiridas en su época), a pesar de que Inglaterra pertenecía más bien a la periferia científica en lo que al siglo XVI se refiere. La propia aparición del libro de Gesner en un estadio preliminar es, por tanto, reflejo del programa de investigación que él aspiraba a poner en marcha.

Es difícil exagerar la importancia de esta innovación, al igual que el uso de las ilustraciones y la creación de colecciones de museo. Si bien el estudio de los animales y las plantas depende, sin duda, de la localidad, en el caso del estudio de fósiles esto resulta aún más cierto, y sigue siéndolo. La mayor parte de las especies de animales y plantas abunda en los hábitats apropiados, que abarcan superficies razonablemente amplias, pero, por el contrario, hasta los fósiles más comunes proceden de localidades extremadamente restringidas –una cantera de roca caliza, por ejemplo, o unas excavaciones para los cimientos de algún edificio– que pueden resultar desconocidas, o inaccesibles, para todos aquellos que no vivan en sus inmediaciones. Por ello, y aún en mayor grado que en otras ramas de la Historia Natural, el estudio de los fósiles requiere la cooperación en el esfuerzo de multitud de naturalistas que vivan en lugares diferentes.

Es sintomático del espíritu de comunidad académica que impregnaba a la mayor parte de los naturalistas del siglo XVI, que Gesner dedicara su libro de "fósiles" no, como era la costumbre, a algún dignatario local o príncipe, sino a un académico polaco

al que conocía tan sólo por sus cartas y a quien nunca había visto. Este mismo espíritu de comunidad se ve reflejado también en la forma en que publicó su libro. Recolectó y editó siete trabajos breves sobre cuestiones similares escritos por otros autores, publicándolos junto con su propio libro en forma de un volumen titulado *Several Books on all Kinds of fossil Objects.*[13] Por estos medios consiguió publicar un breve trabajo de un colega naturalista que había muerto trágicamente a una edad muy temprana, ofrecer una mayor circulación a algunos trabajos, ya publicados, de otros estudiosos, y avalar con su prestigio dos trabajos de su amigo Kentmann. Con característica modestia, su libro era el último de la colección, a pesar de ser el más sustancioso.

Hasta la segunda mitad del siglo XVII, las redes de corresponsales de los estudiosos renacentistas como Gesner no empezaron a formalizarse bajo la apariencia de sociedades científicas que emitían boletines impresos, por medio de los cuales mantenían a sus miembros en contacto unos con otros. Pero la exaltación de la comunidad científica al nivel institucional había comenzado, un tanto espasmódicamente, a comienzos de ese mismo siglo. La Academia de los Linces (*Accademia dei Lincei*), del duque Federico Cesi, en Roma, era tan sólo una de una serie de comunidades académicas de corta vida repletas de elevados y, en ocasiones, utópicos ideales para la transformación de la sociedad. Pretendían establecer "colonias" de Linces en cada ciudad, basadas en el modelo de una orden monástica activa, para crear una amplia comunidad de estudiosos dedicados a los nuevos ideales en las ciencias naturales. De hecho, sólo llegó a fundarse una de estas colonias en Nápoles. Pero a esa rama de la academia pertenecía Fabio Colonna, y fue en esta comunidad idealista como contexto donde realizó sus trabajos de historia natural.[14] Al igual que a su famoso coetáneo Galileo, a Colonna le enorgullecía situar destacadamente su título de "Lince" en las portadas de sus publicaciones. Probablemente no fuera un accidente que algunos de los estudios más significativos acerca de los fósiles publicados a comienzos del siglo XVII fueron suyos, ya que estos estudios anuncian, más que ninguna otra cosa, la gran discusión acerca de los mismos que se produjo más adelante, en ese mismo siglo, en el seno de un escenario institucional similar.

V

Así pues, en el pequeño libro *On Fossil Objects* de Gesner nos encontramos con tres importantes innovaciones: la utilización de las ilustraciones para complementar las descripciones verbales, la instauración de colecciones de especímenes y la forma-

[13] Conradus Gesnerus, *De omni Rerum fossilium Genere, Gemmis, Lapidibus, Metallis et huiusmodi, Libri aliquot,* Tiguri, 1565-1566.

[14] H. M. Fisch, "The Academy of the Investigators", en E.A. Underwood (ed.), *Science, Medicine and History,* Oxford, 1953, vol. I, pp. 521-563.

ción de una comunidad académica que cooperaba por correspondencia –todas las cuales habían sido ya puestas en práctica, con buen fin, en otras ramas de la Historia Natural. No obstante, sólo en el último trabajo de la prolífica vida de Gesner podemos apreciar los comienzos de la utilización de estas innovaciones en el estudio de los "fósiles", y los trabajos publicados en ese mismo siglo, tras la muerte de Gesner, demostraron su valor potencial para aumentar el alcance de los debates acerca de la naturaleza de los "fósiles". Antes de pasar a considerar esa discusión, es importante señalar cuáles fueron los motivos que llevaron a Gesner y a sus coetáneos a estudiar la historia natural en general y los "fósiles" en particular.

En primer lugar, era una idea muy extendida que el mundo de la naturaleza merecía ser descrito, al ser producto de la creatividad divina. La utilización del mundo natural como fuente de demostraciones racionalmente persuasivas de los atributos divinos era un uso que estaba ya largamente establecido en la teología escolástica tradicional, que siguió siendo influyente en la teología católica de la Contrarreforma. La teología protestante, por otro lado, hacía hincapié en la imposibilidad de alcanzar el verdadero conocimiento de Dios a través del ejercicio de la razón. No obstante, esto no hizo que devaluara el estudio de la naturaleza. Por el contrario, subrayaba que el creyente, si bien sólo podía conocer a Dios a través de la gracia y la fe, tenía el deber positivo de reconocer el divino arte del mundo natural en el que había nacido y, de hecho, de regocijarse en él. Cuando Gesner dedicó su volumen *On the Nature of Fishes and Aquatic Animals* (1558),[15] atrajo la atención del emperador hacia su contenido, fundamentalmente una especie de demostración de las maravillosas obras realizadas por Dios en el fondo de los océanos. Del mismo modo, al presentar su libro *On Fossil Objects* quedó tan fascinado por la idea de que las gemas que había entre sus fósiles pudieran ser recordatorios terrenos de la enjoyada construcción de la Celestial Ciudad de Dios, que tenía que recordarse de continuo su obligación de efectuar una descripción mundana del contenido del mismo.[16] Tales sentimientos no eran meros formulismos piadosos: expresaban una parte esencial de la dinámica que había detrás del trabajo descriptivo no sólo de Gesner, sino de otros muchos naturalistas del siglo XVI. Su interés y regocijo ante los diversos productos de la creatividad divina fueron factores de importancia a la hora de decidirles a ampliar el horizonte de la historia natural, llevándolo más allá de los límites de aquellas criaturas u objetos que resultaran útiles para el hombre. Esta relativa pérdida de importancia del hombre, en el seno de la historia natural, fue tan importante, a su modo, como los descubrimientos astronómicos que minaron la visión antropocéntrica, de un modo aún más radical, en el terreno de la cosmología.

[15] Conradus Gesnerus, *Historiae Animalium Liber IIII, qui est de Piscium* & *aquatilium Animalium Natura*, Tiguri, 1558.
[16] Gesner, *De Rerum fossilium, Epístola dedicatoria.*

A pesar de todo ello, los naturalistas del siglo XVI tenían también motivaciones utilitaristas muy poderosas. Poseían, asimismo, una fuerte base religiosa, ya que tanto la teología católica como la protestante hacían hincapié en el derecho del hombre, sancionado por Dios, a utilizar los productos del mundo en el que vive. Una expresión directa de esta motivación utilitarista del estudio de la naturaleza puede verse, por ejemplo, en las simples exposiciones de hechos realizadas por Agrícola acerca de los minerales útiles y las técnicas de minería.[17] Entre algunos escritores, en especial entre los químicos seguidores de Paracelso, los motivos prácticos estaban íntimamente vinculados a una actitud fuertemente antitradicionalista e incluso antintelectual.[18] Palissy, si bien desdeñaba a Paracelso con el mismo desinterés con el que ignoraba a Aristóteles, constituye un buen ejemplo de esta tendencia entre los escritores dedicados a los "fósiles". En su obra más importante, *Admirable Discourses* (1580), utiliza el diálogo de forma provocativa para contrastar la experiencia directa de "Práctica" con la visión estrecha y literaria de "Teoría" del mundo, y tanto el título completo como el contenido del libro subrayan el valor práctico de los "secretos de la naturaleza", que serían puestos al descubierto siguiendo los preceptos de "Práctica".[19]

El título de su trabajo anterior, *A True Recipe by which all Frenchmen can learn how to multiply and augment their Riches* (1563), refleja con embarazosa claridad el basamento utilitario de su ciencia.[20] El contexto de las referencias de Palissy a los "fósiles" en ambos trabajos es, en realidad, una colección mucho más amplia de informaciones prácticas acerca de métodos agrícolas, sobre la conservación del agua, los arroyos y los pozos; sobre el diseño de un ingenioso fuerte inexpugnable, y así sucesivamente, mientras que incluso los fósiles se describen, fundamentalmente, en términos de su valor práctico como materiales básicos para la cerámica y otras artesanías de utilidad práctica.

El trabajo de Gesner, aunque lejano a todo antitradicionalismo, no carece por ello de elementos utilitarios. A un nivel

[17] Agricola, *De Natura Fossilium: De Re metallica*, Basiliae, 1556: para una traducción moderna al inglés del último, véase H.C. Hoover y L.H. Hoover, *Georgius Agricola. De Re Metallica*, Londres, 1912.

[18] Allen G. Debus, *The Chemical Dream of the Renaissance*, Cambridge, 1968.

[19] Bernard Palissy, *Discours Admirables, de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles, des metaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des emaux, avec plusieurs autres secrets des choses naturalles, plus un traite de la marne fort utile et necessaire pour ceux qui se melent de l'agriculture, le tout dresse par dialogues esquels sont introduits la Theorique et la Practique,* París, 1580. Para una traducción moderna en inglés, véase A. La Rocque, *The Admirable Discourses of Bernard Polissy,* Urbana, 1957. Véase también A. La Rocque, "Bernard Palissy", en Cecil J. Schneer (ed.), *Toward a History of Geology,* Cambridge (Mass.), 1969, pp. 226-241.

[20] Bernard Palissy, *Recepte véritable par laquelle tous les hommes de la France pourront apprendre a mutiplier et augmenter leurs thresors, Item, ceus qui n'ont jamais eu cognoissance des lettres, pourront apprendre une philosophie necessaire a tous les habitants de la terre*..., La Rochelle, 1563.

sencillo, su interés por el valor práctico de la historia natural queda puesto de relieve por sus sistemáticos comentarios acerca de la utilidad –agrícola, culinaria y así sucesivamente– de cada uno de los animales por él descritos. Y en su libro sobre "fósiles" también aparece este mismo interés, con la inclusión de multitud de rocas y minerales útiles. Con todo, del contexto médico de su trabajo surgió un motivo utilitario más específico. Al igual que otros muchos escritores que, hasta hoy, hemos venido calificando de "naturalistas", Gesner, por su formación, no era solamente un académico humanista, sino también un médico titulado. En la segunda mitad de su vida fue oficial médico en jefe (*Stadtarzt*) en Zurich, al igual que lo fue Kentmann en Torgau y como lo había sido Agrícola en Joachimsthal y Chemnitz. El motor que impulsó los trabajos sobre botánica en el siglo XVI fue, fundamentalmente y de modo explícito, de naturaleza médica: los "herbarios" como los de Fuchs se escribieron fundamentalmente con el fin de facilitar una correcta identificación de plantas con propiedades curativas.[21] Esta utilidad médica subyacía en gran parte de la historia natural de Gesner y sus coetáneos.

No obstante, ésta se vio fortalecida y ampliada por la creciente popularidad de la medicina de los seguidores de Paracelso. Al rechazar el concepto de Galeno de que la enfermedad era el resultado de un desequilibrio entre "humores" contrapuestos del cuerpo, sustituyéndolo por el concepto de un fallo corporal específico que hacía necesario un remedio igualmente específico, Paracelso y sus seguidores habían centrado la atención sobre el valor medicinal de determinadas sustancias. Lo que es más, al considerar los procesos fisiológicos del cuerpo como una serie de reacciones químicas directamente análogas a las que tenían lugar en el mundo exterior, ampliaron el abanico de sustancias potencialmente valiosas, hasta incluir los minerales y los metales, así como los remedios botánicos, largamente establecidos, preferidos por los médicos más conservadores. El propio Gesner estaba muy interesado, en su trabajo como médico, en la utilización de la técnica de la destilación, recién descubierta, para la extracción de principios activos o "quintaesencias" de toda una serie de materias naturales,[22] y, entre sus coetáneos, la discusión de los "fósiles" se producía a menudo en un contexto similar, como por ejemplo en el *Treatise on medical Waters and also Fossils* (1564), del anatomo de Padua Gabrieli Fallopio (1532-1563).[23] En el libro de "fósiles" de Gesner hay poca referencia al valor medicinal de los objetos descritos, pero esto no es más que el re-

[21] Agnes Arber, *Herbals: their Origin and Evolution, A Chapter in the History of Botany,* 1470-1670, Cambridge, 1953.

[22] [Conrad Gesner], *Thesaurus Evonymus Philatri, de Remediis secretis*..., Tiguri, 1554.

[23] Gabrielus Falopius, *De medicatis Aquis, atque de Fossilibus, Tractatus,* Venetiis, 1564. Véase también J. Bauhinus, *Historia novi et admirabilis fontis balneique Bollensis in Ducatu Wirtembergio ... Adijciuntur plurimae figurae novae varioorum fossilium, stirpium* & *insectorum, quae in* & *circa hunc fontem reperiuntur*, Montisbeligardi, 1598.

sultado de su carácter preliminar: prometía que en su trabajo exhaustivo "describiría en detalle hasta el último tipo de piedra o mineral, su poder, su naturaleza y también su filología". Una vez más, el libro de Aldrovandi constituye una indicación útil de lo que podría haber escrito Gesner: su sección dedicada a las "piedras" incluye descripciones de la utilidad de varias de ellas, así como de algunos "objetos fósiles", y no sólo para la construcción sino también con otros fines prácticos, en especial para la medicina.[24]

VI

Resulta significativo que, en la frase que acabamos de citar, Gesner pusiera el "poder" (*vis*) de sus fósiles por delante incluso de su "naturaleza": tan grande era –sugiere la frase– la importancia que atribuía a su "poder". Pero no sería conforme a la historia asumir que con esta palabra quería referirse meramente a lo que nosotros llamaríamos el valor medicinal de ciertas sustancias químicas aparecidas en la naturaleza; para los naturalistas del siglo xvi tenía un significado mucho más profundo. Aceptaran o no las enseñanzas de Paracelso, muchos de ellos estaban profundamente influenciados por la filosofía neoplatónica subyacente en ellas. En las raíces de la medicina de Paracelso había una renovada fe en el antiguo concepto de la analogía ontológica entre el Hombre y el mundo exterior.[25] El hombre era el "microcosmos", el epítome del universo; el reflejo, en miniatura, de la estructura, la variedad y el propósito del "macrocosmos", exterior a él. Cualquier rasgo del universo, que rodea al hombre, podría así tener alguna analogía, algún símbolo o rasgo recordatorio en nuestro cuerpo. De todo esto se sigue que buscar remedios específicos para enfermedades específicas no era simplemente una intuición empírica, sino, por el contrario, un intento de seguir la pista a las implicaciones del esquema fundamental de la Naturaleza. De hecho, la totalidad del universo del neoplatonismo renacentista era un entramado de afinidades y "correspondencias" ocultas, que podían o no ser puestas de manifiesto por las similitudes, no sólo entre el macrocosmos y el microcosmos, sino también entre el cielo y la tierra, entre los animales y las plantas, y entre las entidades vivientes y no vivientes. No obstante, esta red de afinidades ocultas era también una red de fuerza y poder, de "simpatía" y "antipatía", capaces de actuar a distancia. Sobre esta base, multitud de fenómenos –por otra parte inexplicables– como los poderes magnéticos de la magnetita o el ámbar, podían recibir una explicación racionalmente satisfactoria.

Dentro de este universo, las fuerzas más poderosas eran aquellas que emanaban de los cuerpos celestes, ya que, de todas las entidades creadas, los cielos ocupaban la posición más exaltada en la estructura

[24] Aldrovandus, *Musaeum Metallicum*, véase Libro iv, *De Lapidibus in genere.*

[25] A.G. Debus, *The English Paracelsians*, Londres, 1965, véase capítulo i.

jerárquica del cosmos neoplatónico. La astrología, en sus formas primitivas, era contemplada con sospecha por parte del pensamiento cristiano, debido a sus implicaciones deterministas, pero la "magia natural" del Renacimiento hizo que fuera una vez más aceptable, si bien bajo una forma sutilmente distinta.[26] Entre los documentos recuperados por los estudiosos humanistas se encontraban unos atribuidos a un antiguo sacerdote egipcio llamado Hermes Trismegistus. Aunque posteriormente pudo saberse que aquellos escritos no se remontaban más allá de los primeros siglos de la era cristiana, durante el Renacimiento se creía que eran obra de un coetáneo de Moisés, antiguo profeta gentil de Cristo y fuente original de la sabiduría de Platón. Con un origen tan impecablemente respetable, las narraciones "Herméticas" acerca de la utilización deliberada de poderes o influencias estelares con el fin de obtener efectos sobre la Tierra, resultó aceptable como base para una nueva forma de astrología. En lugar de hacer hincapié en el poder determinístico de las fuerzas celestes sobre el destino del hombre que le privaría del libre albedrío y la iniciativa, esta "magia natural" mostraba la capacidad del hombre para manipular estas fuerzas por sus propios medios y según sus propias necesidades. Era "magia" en la medida en que pretendía actuar extrayendo fuerza de una oculta red de fuerzas mágicas que se ramificaba por todo el cosmos, pero era, a la vez, natural, en la medida en que rechazaba el uso de fuerzas demoníacas (y, por consiguiente, rechazaba la práctica de la brujería) y pretendía tan sólo explotar los potenciales de un mundo natural creado por Dios. Puede argumentarse, en efecto, que esta "magia" desempeñó un papel crucial en la aparición de la ciencia moderna, en la medida en que obtuvo el apoyo indispensable para un estudio de la naturaleza directamente enfocado en su manipulación práctica y que, por lo tanto, constituye la raíz de la síntesis –característicamente moderna– entre ciencia y tecnología.[27]

Se dé o no por buena semejante afirmación, lo que sí es cierto es que el estudio de los "fósiles" en el siglo XVI no puede comprenderse en su totalidad si no es sobre el fondo de esa compleja amalgama que fue el Neoplatonismo Hermético. Para poder capturar y explotar las poderosas influencias de los cuerpos celestes, era necesario identificar las entidades terrestres que les correspondían, en las cuales esos poderes estarían concentrados en forma accesible. Entre estas entidades cabe destacar el papel de las piedras preciosas que, por su color, luminosidad, brillo y rareza parecen reflejar las cualidades etéreas de los cielos. En el contexto de la magia natural resultaba, por tanto, lógico atribuir a estas piedras los más notables poderes. Estos poderes se multiplicaban si las gemas eran cortadas o pulidas, ya que esto aumentaba la calidad

[26] Frances E. Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition,* Londres, 1964.

[27] Frances E. Yates, "The Hermetic Tradition in Renaissance Neoplatonism", en C.S. Singleton (ed.), *Art, Science and History in the Renaissance,* Baltimore, 1967.

celestial de su brillo, y podían aumentarse aún más grabando imágenes y símbolos adecuados sobre ellas en las condiciones astrológicas correctas, ya que así aumentaba su eficacia en la atracción de los poderes de los cuerpos celestes ocultamente afines a ellas.

La importancia de la magia natural en el interés por las piedras preciosas puede apreciarse, por ejemplo, en el popular *Mirror of Stone* (1502), de Camillo Leonardi, que fue editado multitud de veces durante el siglo XVI. Descendiente directa de los grandes lapidarios medievales, esta breve recopilación ponía especial énfasis en las "virtudes" ocultas de las gemas, y Leonardi dedicó alrededor de un tercio del libro a la discusión de los "talismanes" tallados con imágenes mágicas.[28] Este mismo interés aparece asimismo, en un contexto más amplio, en el trabajo enciclopédico, también popular, *On Subtlety* (1550), del filósofo natural Girolamo Cardano (1501-1576).[29] Su obra era un compendio de información acerca de todos los aspectos del universo, en un marco neoplatónico. Su contenido iba descendiendo de una discusión de los primeros principios y los elementos fundamentales, pasando por una descripción de los fenómenos celestes, a una consideración de los materiales terrestres, y seguidamente volvía a ascender, recorriendo la escala jerárquica, a través de las plantas y los animales, el Hombre, sus artes y ciencias, y las "inteligencias" sobrehumanas, para finalmente llegar hasta Dios En Persona. En la sección *On Stones* Cardano aceptaba a pies juntillas todas las "virtudes" atribuidas a las piedras preciosas, pero intentaba darles una explicación natural en términos de su "correspondencia" con otras entidades.[30]

No pueden caber grandes dudas de que también Gesner, de haber vivido para escribir su gran trabajo sobre los "fósiles", habría descrito sus "poderes" de un modo similar, en términos de magia natural. Había conocido personalmente a Cardano en 1552 y, desde luego, conocía sus trabajos. Lo que es más, entre sus *Several Books on all Kinds of fossil Objects* decidió volver a publicar un trabajo francés sobre piedras preciosas,[31] en el que llegaba incluso a reponer algunos pasajes astrológicos que habían sido censurados en la edición original. Este trabajo trataba explícitamente de los poderes ocultos de las gemas, y las citas de Pitágoras, Plotino y "Hermes" en él utilizadas revelan, con toda claridad, su afinidad con el neoplatonismo hermético. Es cierto que Gesner manifestaba su escepticismo acerca de algunos de los poderes atribuidos a las gemas grabadas, pero no por ello dejaba de creer en la realidad de la influencia celestial sobre las gemas. Otro de sus

[28] Camillus Leonardus, *Speculum Lapidum,* Venetiis, 1502. L. Thorndike, *A History of Magic and experimental Science: the sixteenth Century,* Nueva York, 1941.

[29] Hieronymus Cardanus, *De Subtilitate Libri XXI,* Nuremberg, 1550 (y otras ediciones posteriores).

[30] Cardanus, *De Subtilitate,* véase *Liber VII, De Lapidibus.*

[31] Franciscus Rueus, *De Gemmis aliquot, iis praesertium quarum Divus Ionannes Apostolus in sua Apocalypsi meminit: de aliis quoque, quarum usus hoc aevi apud omnes percrebruit. Libri duo...,* Tiguri, 1566.

Several Books fue el texto griego, y una traducción al latín, de un trabajo medieval acerca de las doce piedras de las vestiduras de los Sumos Sacerdotes judíos, en las que habían sido grabados los nombres de las doce tribus de Israel. A esto Gesner le añadió un largo apéndice, de su propia cosecha, sobre su identificación y sinonimia.[32] A menudo eran identificadas con las doce piedras místicas del Jerusalén Celestial del Apocalipsis, y, puesto que una antiquísima tradición las había identificado con los doce signos del zodiaco, su significado místico y cabalístico tenía también una dimensión astrológica. En su propia aportación al volumen, Gesner ilustraba, de hecho, estas doce piedras, pero no del modo en que estaban dispuestas sobre el peto, sino en forma de piedras cortadas y pulidas, y agrupaba esta serie extremadamente poderosa de gemas formando un collar en torno de dos anillos –la forma más común de llevar una piedra con las propiedades deseadas. En uno de los anillos había un diamante cortado, la más brillante de las piedras preciosas, y en el otro una piedra con un escarabajo grabado, una "imagen" íntimamente relacionada con los jeroglíficos que, se creía, daban cuenta de la prístina fuente Hermética de la magia natural. Entre las docenas de xilografías que ilustraban su libro *On fossil Objects,* Gesner escogió precisamente ésta, con todas sus poderosas connotaciones de magia natural, para decorar la portada de todo el volumen, como para epitomizar su contenido (figura 6).

Para Gesner, pues, como para tantos otros que escribieron sobre "fósiles", la posible utilización de estos objetos en la magia natural formaba parte esencial de los motivos para su estudio. Con todo, Gesner no estaba alejado de modo perceptible ni del aspecto materialmente útil de los fósiles –y en especial de su valor medicinal– ni de su valor contemplativo como obras de Dios. En el seno de un cosmos de creación

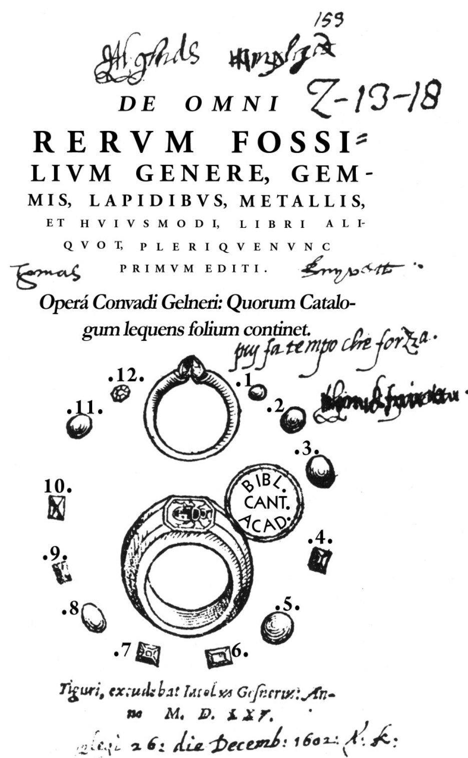


Figura 6. La portada del volumen de trabajos de Gesner (escritos por él mismo y otros) sobre los "objetos fósiles" (1565). En esta copia puede apreciarse la caligrafía de algunos de los primeros propietarios. Véase texto para el significado de los anillos y gemas.

[32] Epiphanius, *De XII Gemmis, quae erant in Veste Aaronis, Liber graecus... cum Corollario Conradi Gesneri*, Tiguri, 1566.

divina, en el que cada parte está interrelacionada con todas las demás a través de una intrincada red de afinidades ocultas, todos estos propósitos se fundían en un todo coherente. Esto explica, por ejemplo, la por lo demás extraña mezcla de tópicos que Aldrovandi añadió a su descripción de los “fósiles”: no sólo su valor práctico en cuanto a la construcción y la medicina, sino también su aparición en proverbios, fábulas y mitos, en los sueños y en los milagros; su significado místico y “moral” y su uso en los rituales paganos y en la oración.[33] Por “acientíficos” que puedan parecer tales temas, no deja de ser cierto que éste es el contexto en el que se realizó la mayor parte de los trabajos descriptivos sobre “fósiles” en el transcurso del siglo xvi, y, sin esos trabajos, los problemas de determinar el origen causal de estos objetos no podrían haber sido abordados.

VII

Los problemas de la interpretación de la naturaleza de los “fósiles” no fueron, ni para Gesner ni para sus coetáneos, cuestión de distinguir entre lo orgánico y lo inorgánico dentro de un amplio espectro de objetos “excavados”. Ésta es una reconstrucción, realizada con la ventaja de la perspectiva, del debate, tal y como se desarrollaría más tarde. Pero los naturalistas del siglo xvi se preocupaban, con todo, por los problemas de clasificación de sus “fósiles”. Resultaba esencial, como primera medida, algún tipo de agrupamiento para poder obtener cualquier información ulterior acerca de su naturaleza, pero no había método de clasificación capaz de evitar un cierto grado de interpretación, si se quería evitar que los criterios a utilizar fueran arbitrarios.

En su trabajo *On the Nature of Fossils,* publicado unos veinte años antes que el libro de Gesner, Agrícola había rechazado deliberadamente la clasificación arbitraria de los “fósiles” en orden alfabético, que había sido la habitual en recopilaciones anteriores, e intentó clasificarlos fundamentalmente por sus propiedades físicas.

Hacía distinción entre las gemas; “tierras” como la arcilla de alfarero; “rocas” como el mármol; “metales” como las menas minerales; “fluidos solidificados” como la sal, la brea y el ámbar, y, finalmente, “piedras”. Esta última categoría incluía materiales como la magnetita, la mica y el yeso, así como toda una serie de objetos que, hoy en día, habrían sido reconocidos como fósiles en el sentido moderno. El esquema de Agrícola, no obstante, incluía también objetos que, a primera vista, parecen extraños incluso al amplio significado de la palabra “fósil”. Entre las “gemas” incluía las perlas y los cálculos biliares; entre los “fluidos solidificados” incluía los corales preciosos, y entre las “piedras” diversos objetos que, se creía, habían caído de los cielos, aunque al parecer, Agrícola consideraba esto meramente una superstición propia de ignoran-

[33] Para una amplia discusión de estas recopilaciones aparentemente “misceláneas”, véase Michel Foucault, *Les Mots et Les Choses. Une Archéologie des Sciences humaines,* París, 1966 (traducción al inglés, *The Order of Things,* Londres, 1970), cap. 2.

tes. Gesner, que siempre citaba los trabajos de Agrícola con el mayor respeto, incluyó e ilustró objetos similares en su propia recopilación y, de hecho, llegó a publicar una breve monografía aparte dedicada a los cálculos biliares humanos, escrita por Kentmann, en su volumen compuesto.[34] Al considerar como "fósiles" tales objetos, Agrícola y Gesner no hacían más que seguir una ya larga tradición y, en alguna medida, puede también explicarse en términos de su interés en la medicina y, tal vez, en la magia natural. Con todo, lo que es más significativo, el factor común que unía todos aquellos objetos a los demás "fósiles" era, principalmente, su "carácter pétreo".

Este carácter de los "fósiles" fue el problema causal más frecuentemente debatido. Aristóteles había esbozado una explicación en términos de unas exhalaciones vaporosas, y ésta había sido posteriormente elaborada por el escritor árabe Avicena y, más tarde aún, por Alberto de Sajonia, quienes la transformaron en una teoría acerca de un fluido que se solidificaba *(succus lapidificatus*, etc.). La mayor parte de los naturalistas del siglo XVI que escribían sobre "fósiles", aceptaban alguna explicación de este tipo. Había multitud de datos que sugerían la existencia de un agente petrificador que trabajaría continuamente produciendo objetos pétreos de todos los tipos. Las estalactitas, por ejemplo, casi podían verse crecer a partir del continuo goteo del agua en el interior de las cuevas, y algunos manantiales tenían la inexplicable capacidad de recubrir los objetos con una capa de piedra. Entre los mineros existía una persistente creencia, sin duda alentada por el visible crecimiento de los minerales secundarios en las paredes de los pozos y túneles, de que los minerales que extraían estaban siendo continuamente repuestos. Los cristales que cubrían ambos lados de las vetas minerales sugerían que los materiales como el cristal de roca se formaban en las profundidades de la Tierra con la misma seguridad con la que podían formarse otros cristales a partir de disoluciones en el laboratorio.[35] El agente petrificador no parecía ver limitada su acción al interior de la Tierra. Los corales y las algas calcáreas eran muestras de su actuación en los mares, en el interior de los tejidos de las plantas (la naturaleza animal de los corales no fue descubierta hasta el siglo XVIII); los cálculos biliares y las perlas demostraban, a su vez, que podían formarse piedras en el interior del cuerpo de los animales, e incluso del hombre, y los meteoritos y otros objetos similares sugerían, tal vez por analogía con el granito, la posibilidad de que se produjeran materiales pétreos por encima de la superficie terrestre. Los objetos de esta última categoría se habrían

[34] Ioannus Kentmanus, *Calculorum qui in Corpore ac Membris Hominum Innascuntur, genera XII depicta descriptaq., cum Historiis singulorum admirandis,* Tiguri, 1565.

[35] Véase Allen G. Debus, "Edward Jorden and the Fermentation of the Metals: An latrochemical Study of Terrestrial Phenomena", en Schneer, *Toward a History of Geology,* pp. 100-121.

originado en la atmósfera (creencia incongruentemente conservada hoy en día en la raíz común de las palabras "meteorito" y "meteorología"), ya que en el marco de la cosmología aristotélica resultaba inconcebible que fenómenos tan irregulares como el trueno y el relámpago pudieran ser otra cosa que *meteora*. Así pues, el agente petrificador parecía impregnar la totalidad de la esfera sublunar, y por ello parecía legítimo estudiar todos los objetos por él producidos como un todo, ya se hubieran originado en el interior, en la superficie o en la atmósfera de la Tierra.

La naturaleza precisa del proceso de petrificación no estaba nada clara. Algunos aristotélicos la describían en términos de "vapores", otros en términos de un fluido o "jugo" (*succus*). Para Falloppio era posible que existiera más de un tipo de fluido, lo que explicaría las propiedades físicas de las principales categorías de "fósiles", mientras que Palissy lo interpretaba todo en términos de filtración de sales. Pero cualquiera que fuese la explicación exacta, estas teorías parecían explicar, al menos en principio, el carácter pétreo de los "fósiles".

De modo similar, en el seno del pensamiento neoplatónico, toda evidencia de un proceso de petrificación podía interpretarse a modo de signo de "crecimiento" de las piedras. En el pensamiento neoplatónico, la distinción entre lo viviente y lo no viviente era simplemente irreal: todas las entidades compartían en algún sentido la cualidad de la "vida", por mucho que difirieran sus modos de expresión. Todas las piedras, afirmaba Cardano, están en cierto sentido vivas, si bien la vida de las plantas y los animales resulta más manifiesta. Pero también las piedras, evidentemente, compartían la característica del crecimiento, como demostraban las estalactitas y los cristales. La descomposición de algunos minerales sugería, asimismo, una analogía con la enfermedad, la vejez y la muerte, y una piedra que fue muy discutida, la *aetites* (probablemente un nódulo concrecionario), a menudo contenía una piedra de menor tamaño en el seno de una cavidad central, lo que parecía sugerir el acto de la reproducción. Incluso la propia Tierra parecía análoga a un ser viviente, en el que la filtración de las aguas superficiales correspondería a la sangre del cuerpo. Tanto si se consideraba que la formación de fósiles era algún tipo de precipitación a partir de un fluido o fluidos como si se consideraba una analogía con el crecimiento orgánico, la sustancia o *materia* de estos objetos parecía ser racionalmente inteligible. El carácter pétreo era el natural para cualquier tipo de "fósiles". La *forma* de los fósiles, por otra parte, parecía ser un problema diferente.

La utilización de estas categorías de forma y materia obedece en parte a nuestra propia conveniencia a la hora de analizar el problema de los fósiles, ya que refleja la naturaleza del material. En términos modernos es legítimo distinguir las cuestiones de fosilización, que afectan directamente a los materiales de que están compuestos los fósiles, y las cuestiones de la afinidad biológica, que afectan fundamentalmente a su morfología. No obstante, esta distinción, tan inherentemente apropiada, resultaba

particularmente atractiva para el pensamiento aristotélico de la mayor parte de los naturalistas del siglo XVI. Si la naturaleza de cualquier entidad podía ser analizada en términos de forma y materia, podrían utilizarse las mismas categorías para comprender la naturaleza de los "fósiles". La forma de los "fósiles" podía, pues, ser estudiada como un problema separado del de su materia.

Agrícola había señalado que muchos "objetos fósiles" tienen formas características, de las cuales algunas parecen imitar otros objetos, y utilizó estas formas de modo extensivo para describir los objetos que agrupaba bajo la categoría "piedras". Así, por ejemplo, una piedra bien conocida, *belemnites,* imitaba una cabeza de flecha, mientras que otra, *ammonis cornu,* se asemejaba al cuerno de un carnero. Cardano había hecho hincapié en la distinción entre tales semejanzas, que caracterizaban invariablemente a tales tipos de piedras, y aquellas que son fortuitas como las vagas imágenes que ocasionalmente pueden aparecer sobre el mármol variegado. Para Gesner, el concepto aristotélico de las *differentiae* específicas había sido fundamental en todo su trabajo biológico, ya que basó sus descripciones en la realidad de la existencia de "especies" discretas de animales. En su revisión preliminar de los "fósiles" aplicó, por consiguiente, este concepto de la "especie", dando forma a las insinuaciones de Agrícola y Cardano, y sugiriendo que la forma de los "fósiles", al igual que las de las plantas, "son (por así decirlo) específicas, y siempre parecen estar ligadas a una cierta clase de objetos como si fueran peculiares de ellas". Lo que es más, las "imágenes" mostradas por estos objetos eran tanto mejores, según él, en la medida en que eran claramente *naturales* y no, como en el caso de los jeroglíficos herméticos, tallados por la mano del hombre.

Gesner, que era tan ecléctico en su visión de la filosofía natural como respecto de sus fuentes en la Historia Natural, agrupó estas unidades aristotélicas en clases que recuerdan la visión neoplatónica del cosmos de Cardano. Los "fósiles" eran clasificados según su grado de semejanza con otros objetos pertenecientes al reino de la naturaleza, y las clases estaban dispuestas con arreglo a la cuestión de sus análogos en el esquema jerárquico cósmico, descendiendo los escalones de esa jerarquía (como señaló Gesner, del mismo modo en que el alma, en dirección opuesta, aspira a ascender hacia Dios). Así pues, comenzaba con las piedras que tenían formas relacionadas con figuras geométricas o con los elementos aristotélicos, las entidades más fundamentales del universo, descendiendo a través de aquellas que se asemejaban a los cuerpos celestes y las relacionadas de algún modo con el reino de los *meteora* y, de ahí, a aquellas semejantes a objetos terrestres. Estas últimas, a su vez, incluían piedras semejantes a las obras del hombre (y, entre paréntesis, a aquellos objetos que debían su forma a la mano del hombre, tales como las piedras talladas y los medallones grabados) y, finalmente, aquellas similares a diversos tipos de plantas y animales.

VIII

Con las clases finales del esquema de Gesner hemos llegado al fin hasta aquellos objetos que, como demuestra el examen de sus xilografías, entrarían dentro de la definición moderna de la palabra "fósil". No obstante, antes de considerar cuál fue la interpretación dada por los naturalistas del siglo XVI a estas similitudes orgánicas, merece la pena señalar que existe una serie de fósiles, en el sentido moderno, que *no* fue incluida en sus clases de objetos semejantes a organismos.

En primer lugar surgían dificultades en la forma en que los fósiles se habían preservado. La existencia y gravedad de estos problemas pueden no resultar claras, incluso para el paleontólogo moderno, puesto que tal vez, éste haya olvidado las dificultades que inicialmente se plantean a la hora de reconocer y comprender los caprichos de la fosilización. Por ejemplo, es relativamente fácil reconocer la naturaleza orgánica de muchas conchas fósiles de un origen geológicamente reciente. Con toda probabilidad procederán de sedimentos no consolidados de los que pueden extraerse enteros y en buen estado de conservación, y, quizá, su sustancia esté prácticamente inalterada, si excluimos la pérdida de su coloración original. Con todo, la mayor parte de los fósiles resulta mucho más difícil de interpretar. La desconcertante diversidad de sus modos de preservación puede hacer que su naturaleza sea todo menos obvia. Incluso unos moluscos fósiles perfectamente corrientes pueden resultar desconcertantes si, por ejemplo, la concha se ha disuelto dejando sólo un hueco vacío con un doble molde "negativo" en una roca compacta. O la propia concha puede haberse cristalizado de nuevo, formando un material muy similar a los cristalinos de origen puramente inorgánico.

Los moluscos extintos, como los ammonites (*los ammonis cornu* de Agrícola), pueden resultar aún más desconcertantes, ya que normalmente quedan conservados en forma de moldes en roca dura o en calcita cristalina, o la concha es remplazada por algún otro material, como una pirita, de aspecto metálico, o aparecen en forma de impresiones del grosor de una hoja de papel, aplastadas sobre la superficie de pizarras (figura 7). Para los primeros naturalistas, estas dificultades se veían agrandadas por la aparición fragmentaria de muchos de los fósiles más corrientes. La naturaleza orgánica de los belemnites hubiera sido más fácil de percibir si hubieran sido conocidos en un estado de preservación más completo: en el estado en que estaban las cosas, los especímenes corrientes, que preservaban sólo la "guarda" cristalina sólida, fueron vistos como algo muy similar a estalactitas y otros objetos inorgánicos de estructura comparable (figura 8, A). Del mismo modo, los especímenes completos de crinoideos fósiles ("lirios de mar") son de origen evidentemente orgánico, pero hasta que fueron descubiertos los primeros especímenes enteros, relativamente raros, los fósiles más corrientes, que eran fragmentos aislados de su tallo e incluso osículos sueltos, resultaban, como es lógico, muy

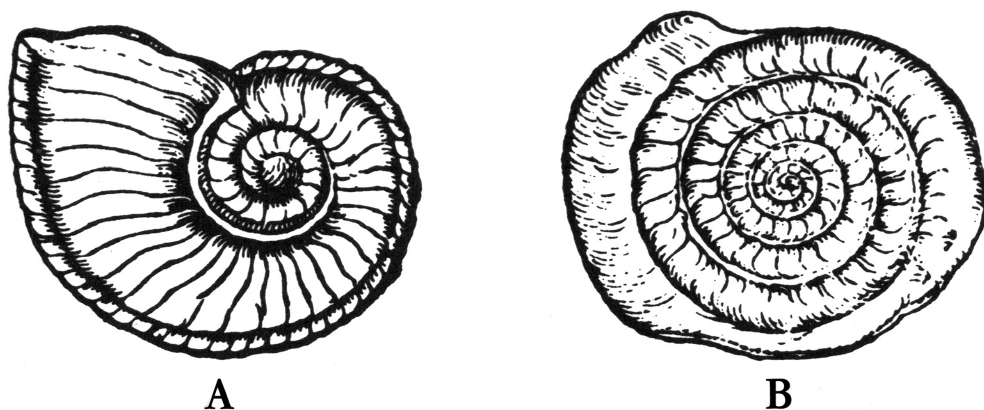
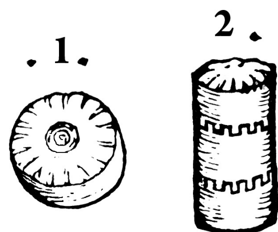
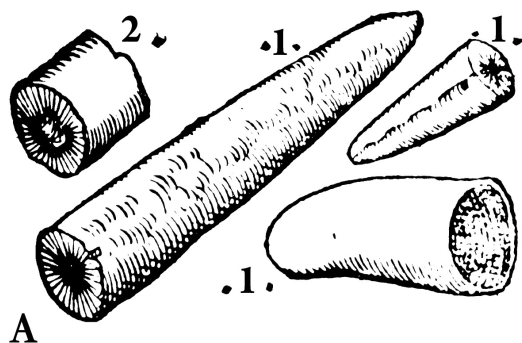


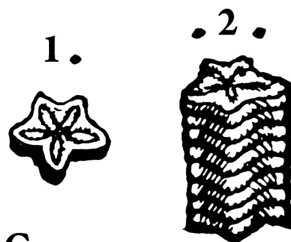
Figura 7. Dos ilustraciones de ammonites procedentes del libro de Gesner (1565). A uno de ellos (A) lo clasificó junto con varias conchas fósiles, pero del otro (B) pensó que se trataba de algo similar a una serpiente.

Belemnitæicones hicpolitas, fe-cundum numeros deinceps enarrabimus



B





1. *Afterias Separarus*
2. *Plures coniunEti.*

Figura 8. Ilustraciones de Gesner (1565) de belemnites (A) y osículos de crinoideo (B, C); no conocía animales vivientes comparables.

difíciles de interpretar (fig. 8, B, C). De hecho, esta dificultad se vio multiplicada por su modo de preservación, ya que su enclavamiento, normalmente en calcita, les otorgaba una apariencia cristalina y, por lo tanto, sospechosamente inorgánica.

Por contra, cuando *existía* una similitud formal evidente entre un fósil y algún organismo viviente, podía obedecer –en términos modernos– simplemente al azar. Por ejemplo, un nódulo de pedernal podía asemejarse a un pie humano y otro a un erizo marino: ambos objetos recordarían a una estructura orgánica, sin existir una identidad exacta. Hoy día, podemos estar seguros de que la similitud es fortuita en el primer caso, y causalmente significativa en el segundo, pero sin una clara comprensión del proceso de la fosilización, esa conclusión no sería en absoluto evidente.

Otro de los motivos que dificultaron la percepción de las similitudes orgánicas en los fósiles, fue la falta de familiaridad con los organismos de los que se habían originado muchos de éstos. Una vez más, en este caso, la dificultad resultaba mínima para algunos fósiles cronológicamente recientes, ya que eran muy similares, si no idénticos, a especies vivientes. En el caso de muchos de los fósiles más corrientes, no obstante, las dificultades de interpretación se vieron agravadas por el hecho de que pertenecieran a grupos total o casi totalmente extintos. Los belemnites, los ammonites y los crinoideos son un buen ejemplo de esto. Los belemnites, totalmente extintos, carecían de análogo viviente alguno (sus parientes más próximos, las jibias, no guardan con ellos parecido alguno); los cefalópodos vivientes con conchas divididas en cámaras como las de los ammonites fueron desconocidos hasta el siglo xvii, y no se descubrieron crinoideos vivos con tallo hasta mediados del siglo xviii. Por consiguiente, la percepción de la similitud orgánica en un fósil dado dependía, en parte, de los conocimientos biológicos acerca de sus análogos vivientes.

El efecto de estas dificultades puede ilustrarse con singular claridad gracias al trabajo de Gesner, ya que podemos estimar con precisión, gracias a su *History of Animals,* con cuántos animales vivientes estaba familiarizado, y podemos comparar éstos con los especímenes fósiles ilustrados en su libro *On Fossil Objects*. Al igual que muchos de sus predecesores, él era perfectamente consciente de las similitudes orgánicas de la madera fosilizada, así como de los dientes y huesos fósiles, y dispuso estos objetos en capítulos dedicados, respectivamente, a los objetos similares a los árboles o partes de los árboles, y a los objetos similares a partes de los cuadrúpedos. La mayor parte de los objetos de Gesner que son fósiles en el sentido actual, son fósiles de animales marinos, y pueden compararse con lo que había descrito él mismo, tan sólo siete años antes, en su libro *On the nature of Fishes and aquatic Animals.*

Éste fue el libro más amplio jamás recopilado acerca de los animales acuáticos. Gesner pudo construir su obra sobre el sólido basamento de los excelentes trabajos de Aristóteles acerca de la biología marina; había tomado material de los trabajos,

recientemente publicados, de los naturalistas franceses Guillaume Rondelet (1507-1566) y Pierre Belon (1517-1564);[36] había recibido dibujos y especímenes de sus corresponsales de toda Europa y había pasado algún tiempo en Venecia, estudiando de primera mano los peces que llegaban al mercado. Pocos naturalistas del siglo XVI tenían un conocimiento de la biología marina tan extenso como el de Gesner, ni se encontraban en mejor posición para reconocer las similitudes orgánicas de una amplia gama de fósiles comunes.

No resulta, pues, sorprendente que Gesner incluyera en su capítulo "On Stones Ressembling Aquatic Animals" un buen número de objetos que para nosotros pertenecerían, en efecto, a esa categoría. Por ejemplo, llegó a poseer uno de los peces fósiles del Kupferschiefe Pérmico de Eisleben, en Sajonia: era un espécimen completo y era obviamente similar a un pez, aunque estaba aplastado sobre la superficie de pizarra y se había preservado con "escamas cobrizas". También se dio cuenta de que los objetos tradicionalmente llamados *glossopetrae,* "piedras en forma de lengua", eran similares a los dientes de los tiburones y lijas, aunque eran mucho más grandes: de hecho, había realizado ilustraciones y comentarios acerca de esta semejanza al describir a los tiburones en su obra biológica (figura 9). Diversas conchas de moluscos, tanto de gasterópodos como de bivalvos,

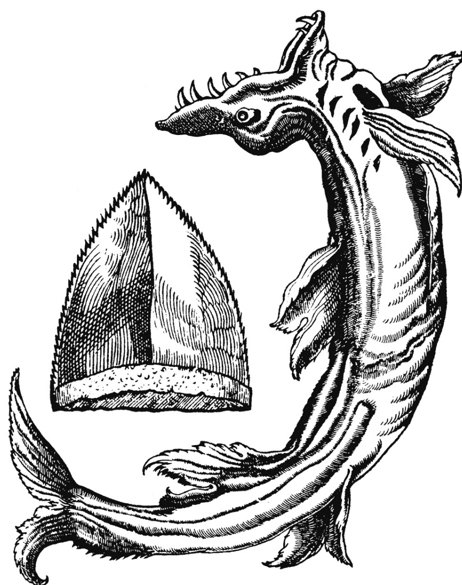
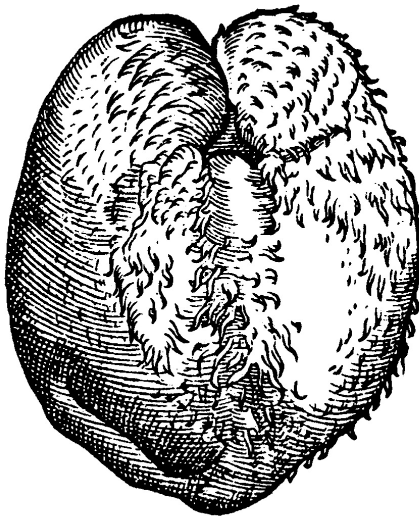


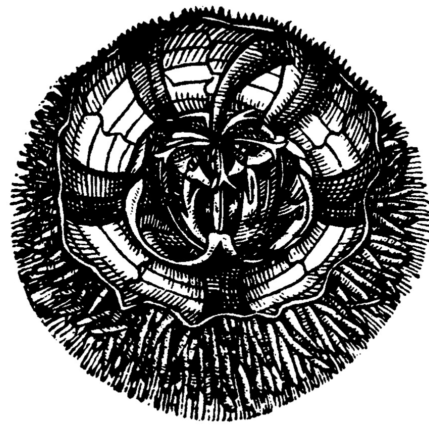
Figura 9. Ilustraciones de Conrad Gesner (1558) de una Glossopetra (inserto), y de un tiburón cuyos dientes recordaba. Se trata, probablemente, de la primera ilustración occidental de un fósil en la que se le describe en relación con un animal vivo.

no le plantearon problema alguno, ya que estaba familiarizado con una amplia variedad de moluscos vivientes, y percibió la clara similitud existente entre uno de sus especímenes fósiles y un cangrejo descrito por Rondelet (figura 1).

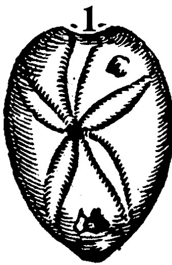
No obstante, muchos de sus especímenes resultaban más difíciles de interpretar. Un tanto sorprendentemente, se dio cuenta de que un molde en pedernal de un equinoideo era semejante a un erizo marino sin sus espinas y su concha (figura 10, A, C): un notable triunfo sobre las dificultades de la fosilización. Por otra parte, todos los erizos marinos que conocía eran especies de espinas pequeñas y delgadas (figura 10, B) y, por lo tanto, no acertó a reconocer los

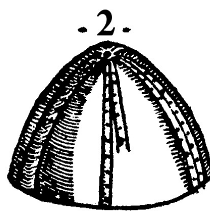
[36] Guilielmus Rondeletius, *Libri de Piscibus marinis, in quibus verae piscium effigies expressae sunt,* Lugduni, 1554; Pierre Belon, *La Nature et Diversité des Poissons,* París, 1555.

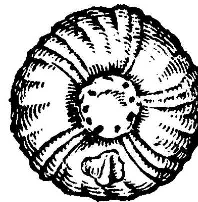


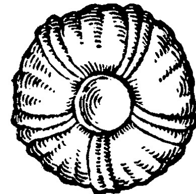


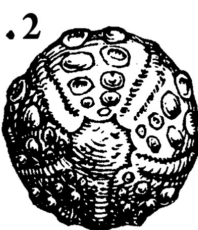
De figuris lapidum, &c.
Ombriorum ſpecies à Ioanne Kent-
mano ad me miſſa

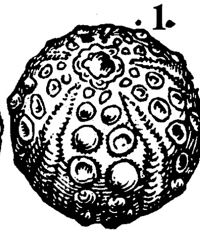


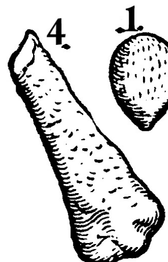
















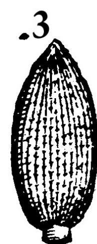


Figura 10. Ilustraciones de Gesner (1558, 1565) de dos especies de erizos marinos vivientes (A, B) y tres equinoideos fósiles (C, D, E) y sus espinas (F). Reconoció una similitud entre A y C, pero los cidaroideos D-F eran distintos de los equinoideos "regulares" que se conocían vivos (B: nótense las delgadas espinas; el completo aparato masticador o "linterna de Aristóteles" queda expuesto por disección).

restos fósiles de un cidaroideo, con espinas muy grandes en forma de maza: estas espinas (figura 10, F) que, normalmente, se preservan separadas de la concha, recordaban la forma de una bellota o fruto, y Gesner las incluyó en el capítulo dedicado a la madera fósil, así como en el caso de las conchas tuberculares (figura 10, E) retomó la idea tradicional de que eran "huevos de serpiente" incluyéndolas en el capítulo "On Stones which Resemble Serpents and Insects". En ese capítulo incluyó también un ammonite de espiral abierta, que tradicionalmente había sido interpretado como una serpiente enroscada, mientras que, por el contrario, se dio cuenta de que un ammonite con una espiral más apretada era semejante a las conchas de los gasterópodos vulgares (figura 7). Si consideramos las dificultades ya mencionadas, no debe sorprendernos que no viera similitud orgánica en las guardas de los belemnites o en los osículos de los crinoideos; los belemnites, en forma de dardo, y algunos osículos con forma de rueda fueron incluidos en la clase de objetos que se asemejaban a artefactos humanos, mientras que algunos osículos en forma de estrella estaban incluidos en la categoría que se asemejaba a los cuerpos celestes (figura 8).

En la obra de Gesner vemos, pues, que, incluso para uno de los mejores naturalistas de su tiempo, dotado de un conocimiento notablemente extenso y detallado de los animales y las plantas vivientes, la percepción de las similitudes entre los fósiles y los organismos vivientes no era en absoluto inmediata. El material fósil incluido en su colección era de tal naturaleza que las similitudes por él percibidas iban de lo evidente a lo oscuro. En términos sencillos, no resultaba fácil trazar una línea de demarcación entre los objetos poseedores de similitudes orgánicas y el resto.

IX

Gesner eludió toda discusión explícita del origen causal de sus "fósiles", en parte porque su libro no era más que un examen preliminar sobre el tema. Tal vez sospechara que algunos de sus objetos tuvieran semejanzas con los seres orgánicos porque eran, genuinamente, restos de organismos. Su tratamiento de las *glossopetrae* en el contexto de una descripción de los tiburones, sugiere que probablemente creyera que eran, en verdad, dientes de tiburón, y es posible que llegara a conclusiones similares acerca de algunas de sus conchas, huesos y maderas fósiles. No obstante, es probable que esto le pareciera una explicación de interés y significado marginales. En efecto, todo el entramado de su clasificación muestra que, para él, el problema central era la existencia de *cualquier* tipo de semejanzas. ¿Por qué habrían de formarse rocas con formas distintivas, y por qué tantas de estas formas recordaban no sólo a organismos sino a otras entidades del universo?

Dado que Gesner se identificaba suficientemente con el pensamiento neoplatónico como para construir su clasificación de los "fósiles" en torno suyo, probablemente se identificara lo suficiente con él

como para considerar muchas (si no todas) las similitudes que percibía como manifestaciones de los ocultos lazos de analogía y correspondencia que enlazaban en una entidad única a la totalidad del cosmos. Probablemente considerara que algunas de las similitudes eran meramente fortuitas y, por consiguiente, su inclusión en cualquiera de sus clases no era más que una ayuda conveniente para su identificación. Pero resulta mucho más probable, puesto que manifestó que su esquema "seguía los mismos pasos y disposiciones que la naturaleza", que pensara que las similitudes eran significativas. Incluso, un *trochite* (un osículo circular de equinoideo –véase figura 8, B–) podía parecerse a una rueda fabricada por el hombre, según este punto de vista, puesto que ambos encarnaban en sus diferentes esferas la misma *idea* platónica supramaterial. Del mismo modo, un *astroite* (un osículo pentagonal de equinoideo –véase figura 8, C–) podía tener forma de estrella a causa de la influencia estelar hermética. En el marco del neoplatonismo hermético, ninguna de las similitudes percibidas por Gesner debía ser considerada fortuita. Así pues, incluso las piedras que se asemejaban a animales y plantas podían deber esa semejanza a sus lazos de afinidad con diversos organismos, y no a su origen como restos de esos organismos.

De este modo, el pensamiento neoplatónico del siglo XVI hacía que la interpretación moderna de los fósiles resultara menos convincente de lo que podría haber sido, simplemente debido a que suministraba una explicación alternativa a las similitudes entre algunos "objetos fósiles" y los organismos vivientes. Como hemos visto, existían dificultades intrínsecas en el reconocimiento de tales similitudes, pero incluso cuando éstas eran reconocidas, la consecuencia aparente no era que los fósiles debieran ser restos de organismos vivientes. Para nosotros esa diferencia puede resultar evidente, pero a los naturalistas del siglo XVI no les resultaba nada convincente. Debido a los rompecabezas inherentes a su material de trabajo, la mayor parte de las similitudes orgánicas que podían percibir estaban lejos de ser perfectas, y no es de extrañar que, a menudo, se refirieran a ellas llamándolas "imágenes" (*imagines*) o "dibujos" (*icones*). Si el cosmos era, en efecto, una red de afinidades ocultas, sería natural que muchos "fósiles" imitaran las formas de otras entidades. En cuanto al origen causal de esas formas, podía atribuirse a la "fuerza moldeadora" (*vis plastica*) que gobernaba el crecimiento de los organismos vivientes, pero que en este caso actuaría en el interior de la Tierra.

No obstante, incluso allá donde la filosofía natural del neoplatonismo fue rechazada o modificada, la interpretación moderna de las similitudes orgánicas de los fósiles seguía sin resultar convincente. El aristotelismo reformado y purificado que se asocia especialmente con la Universidad de Padua, fue responsable de magníficas investigaciones biológicas en el siglo que va desde los trabajos de Vesalius hasta los estudios en dicha universidad de William Harvey. En lo que se refiere al problema de los fósiles, este pensamiento aristotélico,

como el neoplatonismo al que a menudo se oponía, disponía de una interpretación de las similitudes orgánicas que resultaba tan convincente como la explicación moderna. Se trazaba una línea de demarcación más clara entre lo viviente y lo no viviente, en comparación con el pensamiento neoplatónico, y hasta los organismos más sencillos poseían un "espíritu vegetativo" (*anima vegetativa*), manifiesta en sus actividades vitales básicas. Con todo, no parecía inconcebible que, al menos, algunas de esas actividades pudieran tener lugar en el interior de la Tierra. Se pensaba que, ocasionalmente, se formaban organismos sencillos por "generación espontánea" (*generatio aequivoca*) a partir de material no viviente y, por ello, sus formas características específicas podían desarrollarse no sólo en la superficie de la tierra o en los mares, sino también en su interior, creciendo, en este caso, a partir de los materiales "pétreos" allí disponibles. También cabía la posibilidad de que crecieran organismos más complejos en el interior de la tierra si su "semilla" característica, recipiente de su forma específica potencial, penetraba en ella arrastrada por filtraciones de agua. Por ejemplo, si la "semilla" específica de un pez penetraba en la tierra, podría "crecer" a base de materia "pétrea" generando un fósil *semejante* a un pez en la roca. Un fósil así habría crecido por medio de un proceso directamente comparable con el crecimiento de un pez vivo, y debería su forma (por ejemplo) de perca a su "semilla" formativa, pero su materia sería diferente y *no* constituiría los restos de un pez anteriormente vivo. Resultaba plausible explicar así incluso a aquellos fósiles que se asemejaban a organismos marinos, puesto que era creencia general (fundamentalmente basada en la observación de manantiales perennes de abundante flujo) que debía existir una circulación subterránea directa desde los océanos, por medio de la cual las "semillas" de organismos marinos podrían haberse alojado en el interior de la Tierra; así pues, tanto en términos neoplatónicos como en términos aristotélicos, resultaba racionalmente comprensible que entre todo el abanico de "fósiles" hubiera algunos con formas similares a las de organismos vivientes. Éstos podían haber sido producidos por una fuerza moldeadora que ponía de manifiesto la red de actividades ocultas que cubre el universo, o podían ser generados a partir de un proceso similar, de un modo limitado, a la generación de organismos vivos. Con todo, en ninguno de los dos casos resultaba necesario invocar la hipótesis de que pudieran ser de hecho restos de animales y plantas que una vez estuvieron vivos.

X

Tanto el aristotelismo como el neoplatonismo suministraban, como hemos visto, unas interpretaciones satisfactorias de las similitudes orgánicas y, en particular, del hecho de que fueran de lo obvio a lo oscuro. Con todo, existía una razón más por la que la explicación aceptada en nuestros días siguió siendo una hipótesis de importancia sólo periférica para los naturalistas

del siglo XVI. Incluso en los casos en que las similitudes resultaban más evidentes –cuando los objetos estaban en el extremo "más fácil" del espectro– existía una grave dificultad para aceptar que tenían un origen genuinamente orgánico. Aceptar esta inferencia suponía explicar también los cambios en la geografía física implicados por las *localizaciones* en las que se encontraban los fósiles.

Esta dificultad, una vez más, era mínima en el caso de fósiles marinos geológicamente recientes, puesto que éstos se encuentran normalmente en sedimentos sin consolidar, en tierras bajas y, a menudo, cerca del mar. Resultaba razonablemente fácil imaginar cambios en la geografía capaces de desplazar la tierra y el mar, dejando a los fósiles en las posiciones en que posteriormente eran encontrados. Se conocían casos en los que antiguas bahías quedaban situadas a varias millas tierra adentro por los depósitos aluviales, y se sabía que en ocasiones los terrenos podían producir el mismo efecto. Pero en el caso de la mayor parte de los fósiles más comunes, una explicación así exigía un esfuerzo excesivo a la imaginación, ya que a menudo eran encontrados en las cumbres de colinas muy alejadas del mar. Afirmar que su origen era orgánico suponía aceptar la existencia de unos cambios geográficos mucho más radicales de lo que parecían sugerir las pruebas existentes. Lo que es más, muchos de estos fósiles se hallaban enclavados en rocas sólidas, carentes de parecido superficial alguno con los sedimentos sueltos, por lo que no quedaba claro de qué modo los fósiles, aun en el supuesto de que hubieran sido orgánicos, podrían haber penetrado en su interior.

Existían dos soluciones alternativas a este problema, si los fósiles sometidos a discusión eran tan similares a animales marinos vivos como para que su origen orgánico resultara aparentemente indiscutible. La primera consistía en razonar que su aparición en lo alto de las colinas era resultado del Diluvio Universal, que había inundado el mundo cubriendo incluso las montañas más altas. Tertuliano y otros autores patrísticos habían utilizado la existencia de conchas en lo alto de las colinas como un argumento en favor de la universalidad del Diluvio, para refutar a los escritores paganos coetáneos que afirmaban que éste no había sido más que una inundación local. Esta explicación llegó a ser la norma en los escritos medievales. Desde luego, hacía necesario un cierto grado de flexibilidad en la interpretación textual, puesto que la inundación registrada en el Génesis, en caso de ser interpretada de manera literal, difícilmente podía haber sido lo suficientemente larga como para que los organismos marinos pudieran haber emigrado a las áreas inundadas, y tampoco lo suficientemente violenta como para arrastrar sus conchas hasta los lugares en los que han sido encontradas. El significado literal de las Escrituras, no obstante, era el menos importante de los métodos muy diversos de exégesis respaldados por la autoridad de Orígenes, Jerónimo y Agustín, y el literalismo no era un ingrediente esencial de la ortodoxia.

El significado literal, si bien resultaba menos edificante que las interpretaciones

alegóricas, era un basamento necesario para ellas, y los esfuerzos de los estudiosos humanistas del Renacimiento por recuperar el texto original y puro de las Escrituras, reforzado por el papel que les concedían los protestantes como basamento de la fe, centró la atención en el significado directo de los pasajes narrativos como el correspondiente al Diluvio Universal. Para interpretar correctamente tales pasajes, los estudiosos recurrían, cada vez más, a los conocimientos seglares de su tiempo en busca de ayuda. Pero esto sólo sirvió para acrecentar los problemas a los que se enfrentaban.[37] Por una parte, el mayor alcance de los conocimientos biológicos planteaba problemas respecto de las dimensiones registradas del Arca, pero, y esto era más grave, un diluvio literalmente universal exigía la aparición y subsiguiente desaparición de un ingente volumen de agua. Evidentemente, esto podía explicarse atribuyéndolo a un milagro, pero para muchos escritores esto constituía una solución poco satisfactoria, ya que situaba el acontecimiento fuera del alcance de las leyes naturales. Lo que es más, incluso en el supuesto de que pudiera resolverse el problema del agua, un Diluvio, literalmente interpretado, seguiría resultando poco satisfactorio como explicación de la aparición de fósiles marinos en lo alto de las montañas.

La única alternativa consistía en dar la vuelta a los razonamientos patrísticos, argumentando que las tradiciones paganas del Diluvio no eran más que registros imperfectos del que se registró en el Génesis, que, por ejemplo, Deucalión era nada menos que Noé, y que el propósito del Diluvio se habría cumplido aun en el caso de que se hubiera visto confinado a los pequeños territorios habitados entonces por el hombre. Aunque esta solución planteaba nuevos problemas, tales como por qué había sido necesaria la construcción del Arca, tenía la gran virtud, a los ojos del siglo XVI, de reconciliar el Diluvio y la filosofía natural de Aristóteles. El Diluvio Universal se convirtió en una de tantas inundaciones locales que habían tenido lugar en el globo. La obra de Aristóteles *Sobre meteorología*, de contenido más geológico de lo que sugiere su título, había delineado la acción continua y generalmente gradual de la erosión y la deposición, que con el transcurso del tiempo podía producir cambios de envergadura en la geografía física. No obstante, esto se integraba en el cosmos perpetualista de Aristóteles: "Está claro –había concluido– que, puesto que el tiempo es infinito y el universo eterno, ni el Tanais ni el Nilo han fluido desde siempre ... ya que su acción tiene un fin, mientras que el tiempo no lo tiene."[38] Este perpetualismo de Aristóteles no era obstáculo para los pensadores cristianos por causa de su escala temporal, ya que la exégesis

[37] D.C. Allen, "The Legend of Noah, Renaissance Rationalism in Art, Science and Letters", *University of Illinois Studies in Language and Literature,* vol. 33, núms. 3-4, Urbana, 1949 (reeditado en 1963). Véase también John Dillenberger, *Protestant Thought and Natural Science. A Historical Interpretation*, Londres, 1961, caps. 1-3.

[38] Aristóteles, *Meteorologica* (traducción H.D. P. Lee), Londres, 1952, libro I, cap. 14.

metafórica de los "días" de la Creación venía siendo aceptada desde, al menos, los tiempos de San Agustín, pero sí amenazaba la doctrina cristiana de la creación del universo, al implicar, aparentemente, que Dios no podía trascender totalmente a su creación.

El renovado interés en la exégesis literal de las Escrituras tendió, en el siglo XVI, a dificultar aún más la aceptación del concepto aristotélico de la historia de la Tierra, puesto que los cálculos de los historiadores y cronólogos se basaban cada vez más en el supuesto de que los intervalos temporales utilizados en las Escrituras, como los de las crónicas seglares, tenían connotaciones estrictamente literales. De forma ocasional, era posible aceptar la imagen aristotélica de un mundo cambiante, de duración indefinida, para los propósitos de la filosofía natural, rechazando al mismo tiempo las implicaciones metafísicas y teológicas del perpetualismo aristotélico. Este tipo de actitud de compromiso fue especialmente respaldado por la organización docente de Padua, en la cual los trabajos de Aristóteles eran sometidos a estudio en una Facultad de Artes y en un contexto fundamental de educación médica, en lugar de en una Facultad de Teología. Así pues, si no entre los comentaristas bíblicos, no resultaba infrecuente entre los filósofos naturales y los naturalistas influenciados por la tradición de Padua, aceptar una visión aristotélica de la siempre cambiante geografía del globo, con inundaciones locales ocasionadas por causas puramente naturales, entre las cuales el histórico Diluvio había sido una más. Desde este punto de vista no parecería existir problema alguno a la hora de aceptar el origen orgánico de los fósiles encontrados en las colinas, o incluso de aquellos encastrados en capas de sedimentos. En la práctica, no obstante, esto no resultó tan inmediato, ya que era difícil *imaginar* los radicales cambios geográficos exigidos por esta explicación.

XI

Retrospectivamente, la interpretación moderna de la semblanza orgánica de los fósiles se vio así retrasada por la ausencia de una explicación satisfactoria de los cambios geográficos. Al mismo tiempo, su aceptación resultaba menos urgente, dada la existencia, como hemos visto, de dos interpretaciones alternativas de por qué algunos "fósiles" se parecían a los animales o las plantas. Estas alternativas parecían, de hecho, mucho más plausibles como explicación de algunos de los "fósiles" más comunes. Sólo aquellos que se encontraban en el extremo "más fácil" del espectro eran lo suficientemente parecidos a organismos vivos como para que la explicación actual resultara convincente.

Por lo tanto, no resulta sorprendente que la mayor parte de los antiguos escritores, que a menudo han sido retratados como campeones de una interpretación "correcta" de los fósiles, son aquellos que se referían a los fósiles más "fáciles". Éstos eran, en general, conchas de moluscos marinos geológicamente recientes. Esos fósi-

les estaban bien preservados, pertenecían a grupos aún existentes, e incluso, a menudo, a especies aún existentes, y habitualmente se les encontraba en sedimentos mal consolidados, en tierras bajas cerca del mar. Los problemas de la materia, la forma y la situación resultaban, por consiguiente, mínimos. Se pueden encontrar referencias aisladas acerca del origen orgánico de los fósiles en muchos escritores que se remontan hasta la Antigüedad clásica, pero siempre que se mencionan localizaciones, está claro que se referían a los fósiles pertenecientes al extremo "más fácil" del espectro. Incluso el más antiguo de estos escritores, Xenophanes de Colophon (siglo VI a.C.), mencionó al parecer Malta y Siracusa, localidades ambas en las que pueden recogerse en abundancia conchas de moluscos cenozoicos espléndidamente preservados.

Del mismo modo, es bien sabido que Leonardo da Vinci (1452-1519), más de medio siglo antes de que Gesner escribiera su libro de "fósiles", registró en sus libros de notas no publicados sus motivos para pensar que las conchas fósiles eran de origen orgánico.[39] Sus comentarios, con todo, muestran que se refería fundamentalmente a los fósiles de los estratos cenozoicos del norte de Italia, que contienen gran abundancia de conchas maravillosamente conservadas con un aspecto general muy similar a las conchas de los moluscos que viven hoy en el Mediterráneo. Las notas de Leonardo muestran, sin duda, una aguda capacidad de observación de los moluscos vivientes y su ecología, así como de los procesos de sedimentación. Leonardo reconocía que las similitudes entre los fósiles y los moluscos vivientes eran tan precisas que resultaba casi ineludible una explicación causal. Percibió que las conchas fósiles eran similares a las de los moluscos vivientes no sólo en lo que a su forma general se refiere, sino también por muchos rasgos incidentales. Por ejemplo, estaban preservadas en fases diversas de su crecimiento y, en ocasiones, con otros organismos adheridos a ellas o atravesándolas. La aparición de estos fósiles en el *interior* de los sedimentos tampoco le planteaba problema alguno, ya que conocía suficientemente los procesos de deposición y sedimentación como para reconocer el significado de los estratos, y explicaba su consolidación en términos de un proceso de "secado".

Esta interpretación llamativamente "moderna" resultaba muy sencilla para Leonardo, no sólo porque trataba el tipo "más fácil" de fósiles, sino porque disponía de lo que en su opinión era una explicación satisfactoria de los cambios geográficos que su conclusión implicaba. Pudo tomar prestada del aristotélico medieval Alberto Magno una explicación de cómo podían haberse producido grandes intercambios entre la tierra y el mar, sin afectar la estabilidad esencial del globo. Aunque rechazaba la teoría de la generación espontánea como explicación de sus fósiles, Leonardo tenía, en general, una disposición muy favorable hacia la idea de las influencias estelares y,

[39] Edward MacCurdy, *The Notebooks of Leonardo da Vinci,* Londres, 1938: véase vol. I, pp. 325-374. Los principales pasajes proceden de un manuscrito fechado alrededor de 1508-1509.

de hecho, probablemente fuera más correcto considerarle un "mago" hermético que un prematuro hombre de ciencia moderno. Atacó también la utilización del Diluvio como explicación de los fósiles, pero su ataque no fue, como suponía una tradición histórica ya caduca, un ataque por parte de un científico ilustrado contra los prejuicios religiosos. Leonardo estaba atacando de modo específico a los "ignorantes", esto es, a la gente sin conocimientos; su motivo esencial no era atacar a la ortodoxia cristiana, sino defender la creencia aristotélica en la causalidad racional de los acontecimientos naturales, que resultaba difícil de aplicar a una interpretación literal del Diluvio.

Esta misma motivación puede apreciarse en los trabajos del médico aristotélico Girolamo Fracastoro (1478?-1553). Con el fin de explicar la "acción a distancia", como la atracción magnética a las enfermedades infecciosas, sin utilizar los conceptos "ocultistas" neoplatónicos de la simpatía y la antipatía, Fracastoro desarrolló la idea de que los cuerpos como la magnetita, o una persona enferma, liberaban de un modo continuo *effluvia* o *seminaria* (esto tiene una espuria similitud con la teoría, muy posterior, de la intervención de los gérmenes en la transmisión de las enfermedades). Por vaga que pueda parecer esta explicación, tenía como virtud el someter estos fenómenos, por demás misteriosos, a la ley natural aristotélica. En 1517 se descubrieron conchas y cangrejos fósiles en unos cimientos en Verona, y al parecer Fracastoro afirmó que eran auténticos restos orgánicos, y ridiculizó toda sugerencia de que su presencia allí podía obedecer al Diluvio o a una fuerza moldeadora que habría actuado en el interior de la Tierra.[40] Estos comentarios muestran las mismas motivaciones que el trabajo por el que se hizo famoso. La interpretación de los fósiles como restos orgánicos y la atribución de su emplazamiento a las siempre cambiantes posiciones de la tierra y el mar, evitaba *tanto* la explicación milagrosa de la idea del Diluvio Universal *como* las implicaciones ocultistas de la explicación neoplatónica: los fósiles eran, por lo tanto, explicables en términos de la ley natural. No obstante, desde el punto de vista aristotélico de Fracastorno, la generación espontánea resultaba igual de aceptable como explicación y, de hecho, se dice que la utilizó para la interpretación de algunos de los fósiles "más difíciles".

Así pues, ni siquiera para un aristotélico resultaba necesaria la explicación orgánica para todos los fósiles. Falloppio, por ejemplo, un anatomo perteneciente a la gran tradición de Padua, hubiera sido perfectamente consciente de las semejanzas orgánicas en cualesquiera fósiles con los que hubiera estado familiarizado; con todo, era de la opinión de que su aparición en lo alto de colinas alejadas del mar, hacía que su origen orgánico fuera inaceptable. Hubiera supuesto unos cambios literalmente increíbles en la geografía, incluso en la perspectiva aristotélica de un cambio continuo en la superficie terrestre, y, por ello, parecía

[40] Cerutus y Chioccus, *Musaeum Franc. Calceolari*, p. 407.

preferir una explicación en términos de generación espontánea.

La aceptación del origen orgánico de algunos de los fósiles "más fáciles" tampoco implicaba para los neoplatónicos la validez de la misma explicación para especímenes "más difíciles". Así, Cardano repetía argumentaciones similares a las de Leonardo –existe incluso la posibilidad de que fuera por su conocimiento de los libros de notas no publicados– y creía, evidentemente, que algunas conchas fósiles revelaban cambios en las posiciones relativas de la tierra y el mar.[41] Aun así, no adscribió estos cambios a un único Diluvio, ya que creía que se habían producido muchas inundaciones locales. Con todo, la mayor parte de los fósiles por él descritos fueron atribuidos, en términos neoplatónicos, a la acción de una fuerza moldeadora, y Cardano creía que sus formas características poseían algún poder hermético.

Resultaba interesante apreciar de qué forma la interpretación orgánica dada por Cardano a sus fósiles "más fáciles" podría ser mal comprendida por un lector no familiarizado con su trasfondo aristotélico. Palissy leyó una mala interpretación de Cardano (en una traducción al francés) y dio por supuesto que había atribuido aquellos fósiles a un Diluvio Universal. El propio Palissy deseaba reafirmar la explicación orgánica, puesto que era perfectamente consciente de las similitudes existentes entre multitud de conchas fósiles y las conchas de moluscos vivientes, mientras que, al mismo tiempo, las otras explicaciones de esas similitudes le parecían inaceptables. No obstante, rechazaba la idea aceptada del Diluvio Universal como algo inadecuado para explicar la tan generalizada aparición de fósiles muy por encima del nivel del mar.[42] Se encontraba, por tanto, en un dilema que sólo podía resolver argumentando que las conchas fósiles de tierra adentro, aun siendo realmente orgánicas, tenían un origen no marino, de agua dulce. Pero esta solución le planteó un nuevo problema, puesto que muchos de los fósiles eran claramente similares a especies marinas, y, lo que es más, sabía perfectamente que la diversidad era muy superior a la que podía encontrarse en los animales vivientes de agua dulce. Palissy sólo podía hacer frente a este problema sugiriendo, un tanto incómodamente, que algunos de los lagos interiores primitivos en los que se habrían originado las conchas fósiles, habían sido más o menos salados y, por consiguiente, capaces de sustentar especies de aspecto marino, y que algunas de las especies más comestibles habían desaparecido largo tiempo atrás a causa de un exceso de pesca. Esta línea de razonamiento más bien tortuosa resulta muy ilustrativa de las dificultades a las que se enfrentaba un naturalista del siglo XVI a la hora de afirmar el origen

[41] Cardanus, *De Subtilitate,* véase *Liber II, De Elementis a eorum Motibus a Actionibus, y Liber III, De Lapidibus.*

[42] Palissy, *Discours admirables*; véase también H.R. Thompson, "The Geographical and Geological Observations of Bernard Palissy the Potter", *Annals of Science*, vol. 10, pp. 149-165, 1954.

orgánico de los fósiles. Por otra parte, la sustancia petrificada de algunos de sus fósiles y la solidez de las rocas que los encerraban, no planteaban problema alguno a Palissy, puesto que creía que la filtración de "sales" podría haber producido este cambio con gran rapidez.

Podríamos tomar a Colonna como ejemplo final de los naturalistas que sostuvieron el origen orgánico de algunos fósiles. Sus *Observations on some aquatic and terrestrial Animals* (1616) son importantes en más de un aspecto.[43] Muchos naturalistas anteriores, y en especial Gesner, habían estado familiarizados con una amplia gama de organismos vivientes, y describían sus fósiles, como hemos visto, en un contexto esencialmente mineralógico. Colonna, por su parte, fue uno de los primeros en situarlos fundamentalmente en un contexto biológico, describiéndolos junto con cualesquiera organismos vivos que fueran semejantes a ellos (figura 11). Esto no llevó, necesariamente, a una aceptación de su origen orgánico, y varios excelentes naturalistas del siglo XVII, posteriores a él, siguieron teniendo dudas bien fundadas al respecto. Pero sí sirvió para centrar la atención más nítidamente en la naturaleza exacta de las similitudes, y no es ningún accidente que, a partir de Colonna, la mayor parte de los que defendían el origen orgánico de los fósiles fueran fundamentalmente biólogos. Colonna aplicó a sus fósiles la misma nomenclatura precisa que aplicaba a los seres vivos, distinguiendo entre diferentes tipos de fósiles relacionados con mayor precisión que nunca hasta entonces. También percibió la relación entre las conchas y sus moldes o vaciados, que aparecían en estado fósil, con lo que consiguió superar los problemas inherentes a la "materia" lo suficiente como para reconocer el origen orgánico de una amplia gama de fósiles. En particular, dedicó un ensayo especial a



Figura 11. Uno de los grabados en plancha de cobre de la Columna de Fabio (1616). Nótese la cuidadosa diferenciación de algunas especies vivientes de buccinos (*Buccinum*) y la inclusión de un espécimen fósil (arriba a la izquierda) dentro del mismo esquema y en el mismo grabado. Se trata de una de las primeras utilizaciones del grabado en cobre para la ilustración de fósiles; nótese también el aprovechamiento del espacio disponible.

[43] Columnus, *Observationes*, véase cap. XXI, *De varia lapidum concretiones, & rebus in lapidem versis eorum effigie remanente*.

las *glossopetrae*, en el que argumentaba que eran verdaderos dientes de tiburón, y señalaba que, a menudo, aparecían junto con conchas de ostras y otros moluscos marinos.[44] Con todo, estas conclusiones seguían planteándole, como a cualquier otro naturalista, el problema de los lugares en los que aparecían los fósiles, y aunque muchos de los fósiles de Colonna procedían de las colinas de Puglia y estaban incluidos en estratos sólidos, no vio otra alternativa que atribuirlos al Diluvio.

XII

Juzgado desde el punto de vista de la paleontología moderna, podría parecer que este análisis de los estudios sobre fósiles del siglo XVI es una historia de fracasos. Es bien cierto que el trabajo de Gesner incorporaba importantes innovaciones de cara al desarrollo futuro de la *actividad* de la ciencia de la paleontología, pero aun así, ni él ni sus coetáneos realizaban progresos sustanciales hacia el reconocimiento del origen orgánico de los fósiles que les eran familiares.

Lo que sí es cuestionable es si *deberíamos* emitir tales juicios. Desde un punto de vista histórico, esos "fracasos" aparentes pueden resultar más reveladores que las "historias de éxito" de la ciencia. El "fracaso" de un magnífico naturalista como Gesner, que no consiguió llegar a una conclusión clara acerca del origen de los fósiles, a pesar de sus amplios conocimientos sobre los animales y las plantas vivientes, puede decirnos más acerca del mundo de la ciencia del siglo XVI que los comentarios "correctos", aislados, acerca de los fósiles que tan asiduamente eran recolectados en una tradición histórica anterior. Como hemos podido ver, el problema no era simplemente decidir acerca del origen orgánico de los fósiles, sino una cuestión compleja en la que se trataba de discernir entre lo orgánico y lo inorgánico en el seno de un espectro continuo de "objetos fósiles". Había limitaciones, inherentes a la naturaleza del material disponible y al estado del conocimiento biológico, en cuanto a la gama de objetos en los que era probable que se apreciara la semblanza orgánica. No obstante, incluso cuando podían percibirse esas similitudes, se planteaba el ulterior problema de la localización de los fósiles, y, en ausencia de una explicación satisfactoria del cambio geográfico, esto podía hacer inaceptable una interpretación orgánica. En general, la interpretación moderna se aplicaba tan sólo en casos en los que los problemas de la materia, la forma y la posición resultaban mínimos, y esto, inevitablemente, restringía la posible aplicación de la explicación orgánica a una pequeña proporción de los fósiles conocidos.

Más allá de todas estas dificultades se encontraba un problema intelectual más grave. Incluso en los casos en que se podían percibir con claridad las similitudes entre los fósiles y los organismos vivientes, no

[44] Fabius Columnus, *De Glossopetris Dissertatio*. En *Fabii Columnae Lyncei Purpura, Romae*, 1616, pp. 31-39.

parecía ser una conclusión necesaria que los fósiles fueran, de hecho, los restos de organismos vivientes. Esta inferencia, tan evidente para nosotros hoy día, no era evitada en el siglo XVI por conservadurismo intelectual o por posibles conflictos con la ortodoxia religiosa. Normalmente era ignorada o rechazada sobre la base, mucho más positiva, de que no era una inferencia necesaria en el seno de ninguno de los dos marcos intelectuales dominantes –y "progresivos"– de la época. Tanto el aristotelismo renovado como el neoplatonismo sintético del siglo XVI aportaron mucho, visto en perspectiva, al posterior desarrollo de la ciencia "moderna"; pero, en lo que se refiere a los fósiles, estas dos filosofías naturales explicaban el fenómeno de la semblanza orgánica con argumentaciones tan convincentes y, de hecho más, que la del origen orgánico. Los aristotélicos podían atribuir la similitud orgánica al crecimiento *in situ* de objetos que combinaban la forma de los organismos genuinos con la materia pétrea apropiada a todos los "fósiles" –objetos para los cuales la explicación causal era la generación espontánea o la implantación de "semillas" específicas en el seno de la tierra. Los neoplatónicos podían atribuir esas mismas similitudes a la acción de una fuerza moldeadora omnipresente o "virtud plástica", que hacía visible la red oculta de afinidades que enlazaba las partes del cosmos en un todo. En ambos casos, las explicaciones cubrían satisfactoriamente el hecho de que las similitudes fueran de lo evidente a lo prácticamente imperceptible y, por consiguiente, eran más ampliamente aplicables, y tenían más "éxito", que la hipótesis del origen orgánico.

Con tan poderosas alternativas a su disposición, ninguna observación única, así como ningún espécimen, por llamativos que fueran, podían inclinar la balanza de manera decisiva en favor de una amplia teoría acerca del origen orgánico de los fósiles. Podrían erosionar los bordes de las interpretaciones establecidas, arrancándoles ciertos objetos y transfiriéndolos a la categoría en la que el origen orgánico resultaba aceptable, pero difícilmente podrían minar la capacidad explicativa de las alternativas en la justificación de la gran mayoría de los "objetos fósiles". La explicación orgánica no podía extenderse a un abanico más amplio de objetos hasta que la credibilidad de las explicaciones alternativas a la semblanza orgánica hubiera desaparecido; pero eso, a su vez, exigía que se produjeran cambios en las principales filosofías de la naturaleza, mucho más allá del problema del origen de los fósiles.

CAPÍTULO 8

NEPTUNISTAS, VULCANISTAS Y PLUTONISTAS

Anthony Hallam

Es muy común que los creadores de una nueva disciplina científica olviden a sus antepasados intelectuales, un poco como los adolescentes se rebelan en algún momento contra sus padres. Se trata, sin duda, de una fase necesaria de la maduración y que debería contemplarse con indulgencia. Lo que es extraordinario, al hablar de los que se proclamaron a sí mismos los fundadores de la geología moderna, desde Werner a Playfair y Lyell, es que hasta hace muy poco tiempo, la historiografía clásica haya aceptado su palabra y su desdeñoso olvido para con los primeros que reflexionaron sobre la Tierra, a los que trataban como si fueran meros teorizantes. La geología no debía confundirse, según dice Lyell, con la cosmogenia.

La expresión cosmogenia se refiere a muchas teorías que tratan de la Tierra, planteadas a finales del siglo XVII y principios del XVIII, y que continuaron hasta bien entrado este siglo, con los trabajos de Buffon. Como lo proclama claramente Porter,[1] muchos de los teóricos en cuestión, lejos de presentar lo que Playfair calificó como "una especie de desarreglo mental", se contaban entre los científicos a la cabeza de la intelectualidad del momento. Fácilmente aceptamos esto en el caso de Halley y Hooke, pero resulta instructivo saber, a través de Porter, que los trabajos de Burnet eran muy admirados por Newton y los de Whiston por Locke, y la categoría científica de los cosmogenistas de la Europa continental, como Leibniz y Buffon, ha sido ampliamente reconocida desde hace tiempo.

La creación de un "mito" científico acerca de la Tierra como un todo fue un avance importante sobre la antigua tradición que trataba aisladamente de los variados objetos minerales y de los caracteres geomorfológicos, y el hecho de que se pusiera menos énfasis que tiempo después en las comprobaciones experimentales no disminuye la importancia de esta fase para el progreso de la geología. Las teorías continuaban siendo teleológicas y antropocéntricas, pero bajo la influencia de la filosofía mecanicista newtoniana fue pasándose gradualmente de la idea de un planeta en decadencia a la idea de uno que era esencialmente estable

[1] Porter, R., *The making of geology: earth science in Britain 1660-1815*, Cambridge University Press, 1977.

y organizado, tanto si se consideraba que actuaba pasivamente como si se le consideraba como un sistema que implicara un equilibrio dinámico de fuerzas.

Durante el siglo xviii se extendió por Europa una reacción contra las especulaciones vagas y grandiosas, y se empezó a dar importancia a las observaciones cuidadosas y detalladas, con poco interés por las generalizaciones. Irónicamente, la primera contribución de importancia al establecimiento de la geología como una nueva ciencia, lo que implicaba generalizar a partir de observaciones de detalle, la aportó uno de los principales defensores de este enfoque rigurosamente empírico.

LA DOCTRINA DE WERNER

Abraham Gottlob Werner[2] (1749-1817) nació en la Silesia prusiana y, ya desde su infancia, estuvo estrechamente relacionado con la minería y se aficionó a coleccionar muestras de minerales. Estudió en la entonces recién creada Academia de Minería de Freiberg, en Sajonia, situada cerca de la región, tan rica en minas, de las Erzgebirge. Después de continuar sus estudios en la Universidad de Leipzig, en 1775 fue nombrado profesor de la Academia de Minas de Freiberg, cargo que conservó durante cuarenta años.

Durante la mayor parte de su vida adulta Werner no gozó de buena salud y esto puede haber sido la causa principal de que se dedicara poco al trabajo de campo y limitara su actividad solamente a las Erzgebirge y a las partes más cercanas de Sajonia y Bohemia. Tampoco le gustaba escribir; por ello, y además porque era también parco en su correspondencia, sus publicaciones son poco abundantes y, además, breves (nunca hubiera podido conseguir un puesto en una universidad estadounidense moderna). Fue como profesor que alcanzó su enorme fama. Atraía a estudiantes de toda Europa que luego marchaban llenos de entusiasmo.

Se enorgullecía de su capacidad de estudio metódico y ordenado, cualidades muy adecuadas para poner alguna sistematización en el caos de la clasificación de minerales y rocas, objetivo al cual aportó una contribución fundamental. Sin embargo, llegó mucho más allá de una mera clasificación de minerales y rocas, y la parte más general y de síntesis de su enseñanza concernía a lo que él llamaba *geognosia,* expresión que propuso Füchsel a mediados del siglo xviii. Werner definía la geognosia como "la ciencia que trata de la tierra

[2] Ospovat, A.M., *Abraham Gottlob Werner, short classification and description of the various rocks,* Nueva York, Hafner Press, 1971. La principal biografía casi contemporánea es el celebrado *éloge* de Cuvier (1819-1827). En *Recueil des éloges historiques lus dans les séances publiques de l'Institut Royal de France.* Levrault, Estrasburgo. Existen buenos y breves relatos sobre la vida y obra de Werner, en lo que se consideran los tres textos estándar de la primera historia de la geología: Geikie, A., *The founders of geology,* Londres, Macmillan, 1897; Von Zittel, K.A., *History of geology and paleontology to the end of the nineteenth century* (trad. de M.M. Ogilvie-Gordon), Londres, Scott, 1901; Adams, F.D., *The birth and development of the geological sciences,* Londres, Baillière, Tindall, and Cox, 1938.

sólida como un conjunto y de las diferentes localizaciones de minerales y rocas de las que éste está compuesto, así como del origen de esos minerales y rocas y de sus interrelaciones".

Su enseñanza de la mineralogía abarcaba más que las sustancias minerales. En sus clases pasaba a menudo de las consideraciones sobre una muestra determinada a la fisiografía y a las cuestiones humanas, insistiendo en cómo el mundo mineral influía en la técnica y en la industria. Según nos dice Cuvier:

> Exponía sus temas de manera tan admirable que levantaba el entusiasmo de los que le escuchaban y les inspiraba no solamente el gusto sino la pasión de su ciencia... En aquella pequeña Academia de Freiberg, fundada con el propósito de formar ingenieros y capataces de minas para las minas de Sajonia, se presentaba, de nuevo, el espectáculo de las universidades medievales; allí se reunían estudiantes procedentes de cada nación civilizada. Podían verse a personas de los países más remotos, ya entradas en años, personajes cultos y bien situados, que se dedicaban afanosamente al estudio del alemán, a fin de poder ponerse en condiciones de sentarse a los pies de ese "Gran oráculo de las ciencias de la Tierra".[3]

Puesto que Werner publicó tan poco, para tener una idea completa de sus enseñanzas geognósticas fue necesario rebuscar, en parte, entre sus originales sin publicar y también entre los apuntes de sus estudiantes. En inglés, la relación más completa fue publicada por su más preclaro discípulo en el Reino Unido, Robert Jamieson.[4] La publicación fundamental de Werner era un folleto de sólo 28 páginas, la tan celebrada *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten*, que ya había completado en 1777, pero que no se publicó hasta diez años después.[5] En este folleto esbozó lo que en realidad era un esquema estratigráfico que se consideraba aplicable a toda la Tierra. Inicialmente, en la *Kurze Klassifikation* sólo aparecían cuatro unidades *(Gebirge,* un antiguo término minero) estratigráficas, pero más tarde se le añadió un quinto término, *Übergangsgebirge.* Las unidades, en orden decreciente por su edad, son las siguientes:

1. *Urgebirge* ("Primitivo"). Granitos, gneis, esquistos, serpentina, pórfido cuarcífero, etcétera.
2. *Übergangsgebirge* ("De transición"). Una sucesión atribuida actualmente al Paleozoico superior de calizas, diabasas y grauvacas.
3. *Flötzgebirge.* Una docena de subdivisiones sucesivas que van desde las conocidas actualmente como *Rotliegendes, Kupferschiefer* y depósitos salinos

[3] *Éloge* (traducido por F.D. Adams), *op. cit.* (nota 2), p. 214.

[4] Jamieson, R., *The Wernerian theory of the Neptunian origin of rocks,* Nueva York, Hafner Press, 1976. Facsímil reproducido de *Elements of Geognosy* (1808).

[5] Véase Ospovat, *op. cit.* (nota 2).

(todas ellas pertenecientes al Pérmico), hasta Triásico, Jurásico, Cretácico superior y Terciario (que incluye el lignito pardo y el basalto). La edad relativa del Cretácico superior respecto del Jurásico y Terciario no estaba claramente establecida.

4. *Aufgeschwemmte Gebirge* ("Terreno de acarreo"). Depósitos relativamente poco consolidados (conglomerados, *Nagelfluh,* arenas, arcillas, etcétera).
5. *Vulkanische Gesteine.* Materiales realmente volcánicos (lava y toba) y seudovolcánicos (sílex y jaspe).

El esquema estratigráfico de Werner no era original. En gran parte, es tributario de los trabajos de sus compatriotas Lehman y Füchsel, que hacia mediados del siglo XVIII habían establecido los rasgos fundamentales de las sucesiones estratigráficas en las montañas del Harz, las Erzgebirge y Turingia. El término *Flötzgebirge* proviene de Lehman, mientras que Füchsel, que observa más detalles de la sucesión estratigráfica, fue el primero en distinguir auténticas formaciones rocosas como las del *Kuperschiefer Zechstein* y *Muschelkalk.* Werner sobrevaloraba su deuda para con el sueco Torbern Bergman, quien, a su vez, citaba frecuentemente a Lehman, sin mencionar sus trabajos, muy parecidos y publicados anteriormente, *Uranfangliche* y *Flötzgebirge*.[6]

Werner no solamente añadió detalles potrológicos a las sucesiones propuestas con anterioridad a él, las generalizó en un esquema global y propuso una teoría para explicar su origen, y éste fue su título de originalidad. Se conocía muy poco del núcleo o parte más interior de la Tierra, pero evidentemente tenía una superficie irregular, en la cual alternaban grandes elevaciones con profundas depresiones. Inicialmente, la Tierra estuvo completamente cubierta por un océano primordial[7] que cubría incluso las montañas más altas. Aguas profundas y turbias contenían en suspensión o solución todos los materiales que forman ahora la corteza terrestre. A medida que pasaba el tiempo, fue disponiéndose una sucesión de depósitos. En un principio, estos depósitos únicamente eran precipitados químicos e incluían el granito y otras rocas que ahora aceptamos como ígneas, así como gneis y esquistos.

En conjunto, constituyen los terrenos primitivos. A medida que las aguas empezaron a descender, se fueron depositando formaciones rocosas formadas en parte por precipitados químicos y en parte por sedimentos mecánicos (estratos de Transición). En ellos aparecen fósiles marinos escasos. Con un nuevo descenso del nivel del océano, se depositaron los estratos Floetz. En ellos, los sedimentos mecánicos predominaban sobre los precipitados químicos, los cuales, en muchos lugares, contienen fósiles en abundancia. Por último, se asentaron los depósitos aluviales que recubrieron las tierras bajas, teniendo,

[6] Hedberg, H.D., *Stockholm Contr. Geol.,* 20 (1960), 19.

[7] La idea de un océano universal era muy antigua, se remontaba por lo menos a Leibniz y Steno.

por consiguiente, sólo una distribución local. Estos depósitos aluviales se derivaban principalmente de la desintegración mecánica de rocas más antiguas.

En muchos puntos de los terrenos Primitivos y de Transición se encuentran a menudo estratos profundamente inclinados. Esto se debe, en parte, a que eran precipitados químicos. Se sabía que al cristalizar una sustancia a partir de soluciones se deposita tanto en los lados como en el fondo del recipiente. Por lo tanto, la profunda inclinación de los estratos podía indicar su adaptación al contorno original. Sin embargo, estas fuertes inclinaciones se atribuían también al modo irregular en que habían sido distribuidos los depósitos sin compactar, así como a masas de precipitados que se habían deslizado sobre superficies muy inclinadas. De hecho, el océano primitivo no subsidía de forma lenta y tranquila, sino que era muy turbulento, con corrientes poderosas que excavaban profundos canales que producirían montañas y valles. A medida que las aguas oceánicas fueron haciéndose más tranquilas a lo largo del tiempo, también los estratos tendieron a la horizontalidad y, a medida que bajaba el nivel del agua, tuvieron una distribución progresivamente más delimitada.

La importancia que esta teoría concede al papel del agua hizo que muy pronto se la conociese como *neptunista.* El tono dogmático adoptado por Werner queda patente en el párrafo siguiente, extraído de otro de sus trabajos sobre el origen de los filones, que también se creía que se debían a precipitados químicos a partir del océano universal, e incluían tanto rocas cristalinas como minerales.[8]

> Al recapitular el estado de nuestros conocimientos actuales, está claro que sabemos con certeza que el Floetz y las montañas primitivas se deben a una serie de precipitados y sedimentaciones formadas sucesivamente a partir del agua que cubría el planeta. También tenemos la certeza de que los fósiles [es decir, los minerales], que constituyen las capas y los estratos de las montañas, estaban disueltos en esta agua universal y se precipitaron a partir de ella. Por consiguiente, los metales y minerales que se hallan en las rocas primitivas, y en las capas de los terrenos de Floetz, estaban contenidos en este solvente universal del cual se separaron mediante precipitación. Estamos todavía aún más convencidos de que en periodos diferentes, los fósiles (minerales) se formaron también a partir de él, unas veces terrosos, otras metálicos, y otras, en fin, de otra clase. También, a partir de la posición de estos fósiles, unos encima de otros, podemos determinar con la mayor precisión cuáles son los precipitados más antiguos y cuáles los más recientes.

Por otro lado, existen trabajos contemporáneos que plantean algunas dudas sobre el alcance del dogmatismo de Werner, que posiblemente no era mayor que el de

[8] Werner, A.G., *New theory of the formation of veins,* 1971, p. 110 de la traducción inglesa por C. Anderson, Edimburgo, Constable, 1809.

la mayoría de profesores alemanes de aquel momento. Así pues, Pinkerton[9] habla de que Werner decía que "una teoría es útil para concentrar los hechos, y presentarlos de forma más clara y más agradable al auditorio". "Tampoco –sigue diciendo Pinkerton– con la modestia del verdadero genio llegaba a la conclusión de que su teoría era indiscutible." En cualquier caso, es evidente que Werner estaba dispuesto a modificar su teoría sin abandonar los puntos fundamentales. Ya hemos visto cómo después de publicar su *Kurze Klassifikation* añadió los estratos de transición. Cuando supo que algunos "precipitados" aparecían fuera del terreno correspondiente, y a altitudes muy superiores a las previamente supuestas, estuvo dispuesto a considerar un retorno temporal de su océano universal, hasta superar otra vez las montañas de las cuales se había retirado anteriormente. Así, sobre el área cubierta por sedimentos Floetz, las aguas precipitaron basalto para luego descender.

Es bien sabido que las teorías de Werner gozaban de gran prestigio. Planteaba de una manera sencilla y satisfactoria una serie de fenómenos geológicos y colmaba un vacío entre teorías puramente cosmogénicas, como las de Buffon, que defendían la existencia de una serie de episodios de la historia de la Tierra sin proporcionar pruebas evidentes, y las numerosas pero dispersas series de observaciones empíricas que llevaban a cabo diligentes investigadores en otros países europeos. De Saussure en los Alpes y Pallas en los Urales habían confirmado el hecho, demostrado por primera vez en Europa central, de que los núcleos de las cadenas montañosas estaban formados por rocas cristalinas cuya edad era evidentemente más antigua que la de los estratos que las recubrían y formaban también el sustrato de las tierras bajas. La proporción de sedimentos detríticos (es decir, depositados mecánicamente) respecto de los sedimentos de precipitación química (calizas o evaporitas), en las formaciones más modernas, pareció incrementarse a lo largo de la secuencia temporal de los estratos, mientras que la distribución de los depósitos aluviales se restringía a las áreas de tierras bajas. Mientras más antiguos eran los estratos más tendían a estar replegados, sugiriendo épocas más antiguas de gran turbulencia.

No es de extrañar que Werner, dada su personalidad carismática como profesor, formara una serie de entusiastas discípulos y prosélitos del neptunismo, dispuestos no sólo a predicar "el evangelio", sino a explorar las distintas partes del mundo para poner en claro las sucesiones wernerianas. Sin embargo, no faltaban los escépticos. Uno de los más influyentes críticos de Werner fue el geólogo italiano Scipio Breislak.[10] En su libro de geología, muy utilizado, argüía que el volumen de agua que había en la Tierra era absolutamente insuficiente para contener en solución o en suspensión todos los materiales sólidos de

[9] Pinkerton, J., *Petrology: a treatise on rocks,* vol. 2, Londres, White, Cochrane, 1811.

[10] Véase Von Zitttel, *op. cit.* (nota 2).

la corteza terrestre. ¿Dónde, pues, había ido a parar el agua? Los wernerianos nunca pudieron contestar satisfactoriamente a esta pregunta, y el mismo Werner parece que creía que ¡había desaparecido en el espacio exterior, por una razón desconocida! Breislak, y algunos otros, creían que muchos de los fenómenos geológicos planteados podían explicarse mejor defendiendo la idea del levantamiento de las tierras más que el descenso del nivel del océano. Breislak, como italiano, y lo mismo le ocurrió a Moro muchos años antes que a él, no podía dejar de sentirse impresionado por la potencia de los volcanes y su capacidad de producir levantamientos. Ya en el siglo xvii, Steno había considerado los estratos inclinados y fracturados del norte de Italia como una prueba de rupturas de la corteza terrestre. Werner ignoró siempre estas primeras investigaciones italianas.

Sin embargo, el conflicto más importante surgió sobre otro tema: el origen del basalto. ¿Se trataba, como sostenían los neptunistas, de un precipitado químico formado a partir del océano universal, o bien de lava producida en la erupción de los volcanes, como proponía un grupo de geólogos, en su mayoría italianos y franceses, y que, debido a ello, fueron llamados vulcanistas?

EL ORIGEN DEL BASALTO

El nombre del basalto había sido resucitado por Agrícola en el siglo xvii, cuando redescubrió la denominación clásica de Plinio para una característica roca cristalina, de color oscuro, que a menudo presenta disyunción columnar y que sería reconocida en muchas localidades por los geólogos de finales del siglo xviii. En la Sajonia natal de Werner, así como en muchos otros puntos de Europa central, capas horizontales o subhorizontales de basalto formaban la cubierta de determinadas colinas, principalmente en su terreno Floetz, mientras que en los de Transición y Primitivo aparecían "greenstones", evidentemente relacionadas con los basaltos. Werner se daba perfecta cuenta de que otros consideraban el basalto como una roca de origen volcánico, pero dejaba de lado esos puntos de vista, sin tratar de hacer una refutación detallada, y mantuvo con insistencia su teoría de que se trataba de un precipitado químico a partir del océano universal. Las láminas de roca basáltica sumamente inclinadas y que cortaban oblicuamente los estratos, a las que se conocía como diques o "roca de trap", no le causaban preocupación alguna. Entraban en su amplia categoría de filones, como lo eran, evidentemente, todos los rellenos de fisuras compuestos de precipitados químicos.

Desde luego, no podía negarse la existencia de los volcanes, pero Werner restringió su actividad a tiempos muy recientes. Puesto que no existía el "fuego interior" que hubiera podido ser fuente de calor, Werner argüía que la erupción de lava tuvo lugar allí donde el basalto y otras rocas se fundían por la combustión de capas de carbón infrayacentes. El carbón se encontraba tanto en los estratos de transición como en el Floetz, en los países germánicos, y Werner

y sus alumnos pasaron mucho tiempo tratando de encontrar una relación estrecha entre la distribución del basalto y la del carbón. Werner no tenía experiencia de campo directa de los volcanes pero, por supuesto, había visto muestras de lava. ¿De qué manera trató de explicar el gran parecido entre la lava y el basalto? Afirmaba que si se encontraba basalto en condiciones de lava era porque el precipitado original había sido fundido por fuego producido por la combustión de depósitos de carbón infrayacentes. Las lavas se asociaban a menudo con las escorias y conos volcánicos, y no presentaban disyunción columnar. Por otro lado, las capas de basalto con las que Werner estaba familiarizado no tenían escorias pero sí presentaban disyunción columnar, y estaban intercaladas en secuencias de estratos sedimentarios de indudable origen acuoso. En 1777 había hecho observaciones sobre un antiguo incendio en una cuenca carbonífera que rodeaba algunas colinas basálticas de Bohemia. Las rocas que sufrieron alteraciones por ese fuego incluían la arcilla cocida ("jaspe aporcelanado") y fueron agrupadas como rocas seudovolcánicas.

La idea de que la presencia de sustancias combustibles como el carbón y el betún mineral era todo lo que se requería para explicar la producción de volcanes no era nueva, puesto que ya la había planteado el geólogo francés Jean Étienne Guettard (1715-1786), a mediados del siglo. Al contrario de su ilustre compatriota y contemporáneo Buffon, Guettard era un empirista y fue uno de los primeros en realizar una obra valiosa tanto en la cartografía geológica como en la geomorfología. Sin embargo, sobre el tema que nos interesa en este momento, es importante señalar que fue el primero en reconocer, partiendo de observaciones minuciosas, la existencia, en la región de Auvernia, en el Macizo Central, de volcanes extinguidos, que luego tuvieron tanta importancia en la posterior controversia. Guettard no creyó, sin embargo, que el basalto fuera una roca volcánica sino que imaginaba que estaba formado por cristalización a partir de un fluido acuoso. De ahí que, curiosamente, pueda considerarse a Guettard como el padre de ambas escuelas: la vulcanista y la neptunista.

Con mayor razón aún, cabría considerar como el padre de la escuela vulcanista a otro francés, Nicholas Desmarest[11] (1725-1815), cuyas investigaciones en Auvernia tuvieron gran influencia en Francia. Desmarest no era, como Werner, profesor universitario, sino un funcionario del gobierno que llegó, finalmente, a inspector general y director de las industrias manufactureras francesas. Su capacidad intelectual le fue ampliamente reconocida durante su vida, como lo demuestra que fuera invitado a colaborar en la célebre Enciclopedia de Diderot y d' Alembert. Su interés por la geología era realmente obsesivo y fanático; las rocas le obsesionaban por encima de todo lo demás, como lo demuestra el

[11] Un buen resumen con bibliografía completa de las obras de Guettard y Desmarest es la da Geikie, *op. cit.* (nota 2). Para Desmarest véase también Taylor, K.L., en C.J. Schneer (ed.), *Towards a history of geology*, MIT Press, 1969, p. 339.

siguiente párrafo del *éloge* [a su muerte] de Cuvier.[12]

> Sus amigos afirmaban jocosamente que habría partido en pedazos la estatua más hermosa para asegurarse de la naturaleza de una piedra de la antigüedad, y esta peculiaridad suya era tan conocida que, en Roma, los guardianes de los museos temían dejarle entrar. También en la vida social, una cosa, no importa cuál, le influía solamente desde un punto de vista. Por ejemplo, cuando un inglés estaba contando, en casa de la duquesa de Anville, el incidente reciente y asombroso del primer viaje de Cook, en el que su barco sufrió una vía de agua al chocar contra una roca, y únicamente se salvó del naufragio porque la roca se rompió y quedó una parte de ella taponando el agujero, todo el mundo expresó, a su manera, el interés que sentía por lo que se había contado. Desmarest, sin embargo, sólo preguntó, sencillamente, si la roca era basáltica o caliza.

Al igual que Guettard, Desmarest tenía un enfoque absolutamente empírico y sus trabajos en Auvernia son un ejemplo clarísimo de investigación minuciosa y detallada de una pequeña área para poner en claro un problema científico importante. En 1763 descubrió disyunción columnar en rocas volcánicas que pudo relacionar con antiguas corrientes de lava, y también halló rocas similares con escorias frescas en antiguos cráteres. Conocía perfectamente la naturaleza de la disyunción columnar de la Calzada de los Gigantes, en el norte de Irlanda, conocida por la mayoría de naturalistas europeos del siglo XVIII. Aunque nunca llegó a ver la Calzada de los Gigantes, realizó una visita a Italia para examinar los fenómenos volcánicos en actividad y volvió también a Auvernia más de una vez. Desmarest fue el primero en reconocer los retazos de coladas y las remociones de escorias como prueba del aislamiento y la destrucción por la erosión que eliminaba progresivamente los cráteres. Estos casos proporcionaron los primeros ejemplos concretos de la doctrina del origen de los valles debido a la acción erosiva de las corrientes de agua, y el primer intento de remontarse en la historia de un paisaje comparando etapas distintas de la erosión.

En 1774, Desmarest publicó una monografía que muy pronto fue reconocida como obra clásica. Se editó como una memoria de la Academia de Ciencias. Como ya debía esperarse de un empirista, trató de ser muy prudente y restrictivo en sus interpretaciones, aunque se permitió especular que Guettard estaba en un error al atribuir la fuente de calor del vulcanismo al carbón y al betún mineral, y prefirió creer que la fusión del granito podía producir el basalto.

En años sucesivos, Soulavie, Faujas de Saint-Fond y Dolomieu presentaron nuevas pruebas del origen ígneo del basalto en el Macizo Central (Auvernia, Vivarais y Velay). Raspe de Hesse y Arduino de Padua también escribieron otros trabajos, confirmándolo. Desde luego, el compatriota de

[12] Traducción de Geikie, *op. cit.* (nota 2), p. 76.

Arduino, Breislak, fue un vulcanista convencido.[13] Las objeciones de los vulcanistas nunca aparecen en las publicaciones de Werner, aunque se diría que le incitaron a buscar nuevas pruebas de sus teorías neptunistas. En 1788, Werner creyó que había encontrado la prueba objetiva necesaria, en la colina sajona llamada Scheibenberg, de la cual describió una secuencia ascendente de areniscas, arcillas, lutitas y basaltos que, aparentemente, pasaban de unos a otros sin solución de continuidad.[14] La transición "perfecta" le indicaba claramente que no podía distinguirse el basalto de los demás sedimentos y, por lo tanto, su origen acuoso era innegable. Triunfalmente, desafió a los vulcanistas a que explicaran lo que consideraba ya, sin duda alguna, como una prueba documental concluyente de sus ideas.

Desgraciadamente para Werner su nuevo "descubrimiento" fue muy pronto objetado por uno de sus discípulos más capaces, y uno de sus favoritos, J.K.W. Voigt, quien insistió en que el basalto de Scheibenberg era una antigua lava. De ello se siguió una larga controversia, que no convenció a ninguna de las partes pero que, en cambio, acabó por destruir una hermosa amistad.

Haciendo justicia a los wernerianos, Desmarest había admitido que si únicamente se hubiera encontrado con la evidencia de las colinas sajonas, tampoco habría podido poner en claro que el basalto es de origen volcánico. De todas maneras, él se mantuvo apartado de la controversia neptunista-vulcanista, que fue subiendo de tono a finales de siglo. Desmarest exhortaba simplemente a los escépticos del vulcanismo a que fueran y vieran las pruebas de Auvernia por sí mismos.

La controversia pronto llegó a extenderse de una forma que hirió aun de manera más fundamental la doctrina werneriana. Neptunistas y vulcanistas estaban de acuerdo en un punto: el granito era una roca primordial, parte de la corteza terrestre original. Ahora bien, ya se sabía desde algún tiempo atrás que las rocas volcánicas de Auvernia recubrían el granito. En 1789, Guy de Dolomieu (1750-1801), profesor de la École de Mines de París, copiando los acontecimientos de su país, propuso un planteamiento revolucionario: el granito no sería una roca primordial sino que, subyacente a él, había rocas de composición muy distinta que habían penetrado en el granito para dar salida a la lava basáltica.[15] Por consiguiente, el hogar, o foco volcánico, no podía localizarse en estratos sedimentarios que contuvieran materiales combustibles y la fuente de calor debía hallarse a una profundidad bastante considerable, por debajo de la corteza consolidada. Las investigaciones que James Hutton estaba llevando a cabo en Escocia, al mismo tiempo, iban a confirmar que el granito también era de origen ígneo y que en muchos casos había penetrado los estratos sedimentarios

[13] Zittel, *op. cit.* (nota 2), da el mejor resumen de esta obra de Europa continental.

[14] Werner, A.G., en *Neue Entdeckung, Intelligenz-Blattes des Allgem. Literatur Zeitung,* núm. 57 (1788).

[15] De Dolomieu, G., *Journal des Mines,* 41 (1789), 385.

suprayacentes. El fuego, más que el agua, podía ser la llave de una amplia gama de fenómenos geológicos.

EL PLUTONISMO DE HUTTON

James Hutton[16] (1726-1797) se interesó por la química desde su juventud y escogió estudiar medicina en Edimburgo como la materia más afín a sus intereses. Más tarde estudió en la Sorbona, París, y en la Universidad de Leiden, Holanda, donde obtuvo su doctorado con una tesis sobre la circulación de la sangre. Sin embargo, nunca se dedicó profesionalmente a la medicina. En vez de ello, en 1754 se convirtió en labrador, en el Berwickshire, después de pasar dos años en East Anglia. Continuó interesándose por la química y se asoció, con éxito, a una pequeña industria que se dedicaba a la obtención de sal amónica. Esto le proporcionó los medios financieros para abandonar el cultivo del campo y volvió a Edimburgo como un caballero acomodado que podía dedicar todo su tiempo a sus intereses científicos, y allí permaneció durante el resto de sus días. Soltero de por vida, como Werner, su vida social transcurrió en torno al Oyster Club, donde se encontraba con sus grandes amigos: el químico Joseph Black, el matemático John Playfair y John Clerk de Eldin, el táctico naval, así como también el economista Adam Smith, el arquitecto Robert Adam y los filósofos Adam Ferguson y Dugald Stewart. Puesto que el gran filósofo David Hume también vivía en Edimburgo, no era extraño que en aquel entonces la ciudad fuera conocida como la Atenas del norte. Exceptuando París, no tenía parangón como centro de estudios y de talento intelectual.

De entre todos estos hombres, Black fue el que tuvo más influencia científica sobre Hutton. Según Playfair,[16] sus respectivas personalidades y actitudes científicas difícilmente podían haber sido más distintas. "El ardor y entusiasmo de Hutton, su rapidez mental y su vivacidad se encontraban con la prudencia y frialdad de Black. El pánico de Hutton por la ignorancia, con el temor de Black a equivocarse. La curiosidad de Hutton dominaba por encima de todo, pero la de Black podía dejarse de lado. La sencillez de Hutton era despreocupada y a menudo chocaba contra las ideas establecidas; en cambio, la de Black era correcta y respetaba aquellas ideas."

Hutton nos aparece, pues, como un camarada atractivo y estimulante que, sin duda alguna, habría podido ser un gran maestro quizá comparable a Werner. Playfair nos dice que "el fuego de su manera de expresarse en tales ocasiones [exposiciones de otras personas], y la animación de su porte y semblante son imposibles de describir, y parecen haber sido contempladas con delicia

[16] Una gran parte de nuestra información contemporánea sobre Hutton se basa en la biografía escrita por su amigo y discípulo Playfair, John, *Trans. roy. Soc. Edinb.*, 4 (1803), 39. E.B. Bailye (1967) hace un comentario sobre sus escritos en su libro *James Hutton –the founder of modern geology,* Amsterdam, Elsevier, 1803. Dott, R.H., Jr., aporta una valoración moderna de su importancia científica en C.J. Schneer (ed.), *Towards a history of geology,* MIT Press, 1969, p. 122.

por aquellos que podían identificarse con sus sentimientos y con gran asombro por los que no podían identificarse con ellos". Como científico, reunía una capacidad poco corriente de observación, penetrante y aguda, con la capacidad de discurrir teorías originales y audaces.

Como en el caso de Darwin, antes de publicar su gran obra transcurrió un largo periodo de gestación, pero, a diferencia de éste, murió poco después de haberla publicado. Parece probable que ya estuviera convencido del origen ígneo, tanto del basalto como del granito, mediada la década de 1760, y expresó claramente su teoría fundamental muy poco después. No hay duda, sin embargo, de que hubo de ser empujado por sus amigos para hacer pública su obra y, finalmente, presentó un trabajo a la Royal Society de Edimburgo, en 1785. Tres años después se publicó en el volumen I de las *Transactions* de la Sociedad, con el confuso título: *Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of the land upon the globe.* (Teoría de la Tierra, o una investigación de las leyes observables sobre la composición, descomposición y restauración de la Tierra en el globo terrestre.) Su manera de escribir resulta extraña para el lector moderno, pero incluso a nivel de sus contemporáneos, está impregnada, mucho más de lo que era corriente, de una visión teleológica, con frecuentes expresiones de las creencias comúnmente admitidas en el siglo XVIII y que tuvieron también vigencia considerable en el XIX, sobre un importante plan o finalidad de la naturaleza. Así, decía: "Observamos una obra, construida sabiamente, para conseguir un objetivo digno del poder que se demuestra al construirla." Este objetivo es hacer de la Tierra "un globo habitable". Se nos induce a "reconocer un orden que no es indigno de la sabiduría divina".

Por consiguiente, no puede sorprendernos leer que "un volcán no ha sido hecho con el propósito de asustar al pueblo supersticioso para que se convierta a la piedad y devoción, ni tampoco para hundir a ciudades predestinadas. Un volcán debería considerarse como un respiradero del horno subterráneo para prevenir las innecesarias elevaciones de la tierra y los fatales resultados de los terremotos". En otras palabras, actúa como una especie de válvula de seguridad, idea de la que podemos seguir las huellas hasta remontarnos a Estrabón. Hutton clasificó las rocas ígneas de Auvernia y del Eifel como "lavas auténticas" y las "Whinstones" escocesas (es decir, basaltos o doleritas) como "lavas subterráneas". Con ello quería expresar que eran intrusivas más que extrusivas. Puesto que consideraba el granito también como una roca ígnea, que se presenta en masas de gran tamaño en comparación con los diques y filones capa (sills) de *whinstones,* y subrayaba la importancia del calor subterráneo en los procesos geológicos, Hutton y sus seguidores adquirieron el epíteto de plutonistas.

El Midland Valley de Escocia contiene numerosos filones capa máficos, del Carbonífero, y fue sobre uno de éstos, el de Salisbury Crags (en su Edimburgo na-

tal), donde realizó las observaciones fundamentales que seguramente, por primera vez, le convencieron del origen ígneo e intrusivo de la *whinstone,* en especial las estructuras de brusco enfriamiento en la periferia del basalto, así como el recocido de la ropa encajante. Nunca llegó a persuadirse de la existencia en Gran Bretaña de "lavas propiamente dichas" como las que se encontraban en el continente, a pesar de que, más adelante, fueran ampliamente reconocidas.

No tardó mucho en extender al granito el concepto ígneo, basándose esencialmente en la textura gráfica, fácilmente observable a simple vista, del granito de Portsoy al noreste de Escocia. Dedujo correctamente que los cristales de cuarzo y feldespato habían cristalizado simultáneamente a partir de un estado de fusión.

Para confirmar su teoría plutónica debía demostrar que el granito no había sido el resultado de la fusión de sedimentos *in situ* prexistentes, sino que había sido introducido hacia arriba como lo habían sido las *whinstones.* Por raro que parezca, no había conseguido demostrarlo cuando presentó su teoría en 1785, pero en el mismo año, algo más tarde, decidió intentarlo con su colega Clerk de Eldin. Escogieron un área en la que se sabía que el granito y los esquistos estaban en contacto, en la finca del duque de Atholl, en el Glen Tilt, en las Highlands de los Grampianos meridionales. Dejemos que Playfair nos lo cuente.

> Cuando hubieron alcanzado Forest Lodge, a unas siete millas aguas arriba del valle, el doctor Hutton se encontró ya rodeado de ejemplos que deseaba examinar. En el lecho del río se podían ver varios filones de granito rojo (de hecho, no menos de seis grandes filones en una sola milla) atravesando los negros micaesquistos que producían, por el contraste de colores, un efecto que habría llamado la atención incluso de un observador profano. La contemplación de los ejemplos que demostraban, de golpe, muchas conclusiones importantes de su sistema, lo llenaron de satisfacción. En ocasiones como ésta, sus sentimientos se expresaban ruidosamente, por lo que los guías que le acompañaban estaban convencidos de que lo menos que había descubierto era un filón de plata o de oro, por el gran entusiasmo que demostraba.

Durante los dos años siguientes, Hutton siguió encontrando más filones de granito intrusivo, por lo que finalmente obtuvo pruebas terminantes de que algún granito, por lo menos, era más joven que la roca encajante que lo rodeaba, y no podía, por lo tanto, ser el material primordial como comúnmente se creía.

Aunque, como en el caso de Werner, algunos de los elementos de sus ideas los había recibido de otros autores, la teoría mantenida por Hutton, en su artículo de 1788, era muy original. Muchos años antes, el veneciano Lazzaro Moro (1687-1740) había quedado profundamente impresionado por las erupciones volcánicas, relativamente recientes, de Santorini, en el mar Egeo, y por la formación del Monte Nuovo

en los Campos Flégreos, cerca del golfo de Nápoles, y había estudiado fenómenos similares, descritos en el mundo antiguo por Plinio y Estrabón. Esto condujo a Moro a extrapolarlo a las montañas y propuso que su levantamiento se debía al empuje de gases y lavas incandescentes. Por lo demás, ya se conocían muchos aspectos de la denudación y sedimentación, y el principio actualista de estudiar los procesos actuales para comprender el pasado ya se practicaba de forma esporádica entre un cierto número de investigadores.

La originalidad de Hutton radicaba en presentar un modelo cíclico y uniforme de la Tierra, que él consideraba que existía en condiciones de equilibrio dinámico. El comienzo y el final de su inmensamente larga historia en principio era imposible de conocerse. La génesis del calor en el interior de la Tierra, liberado periódicamente gracias al vulcanismo, era causa del levantamiento de las tierras, y se provocaba una mayor erosión para nivelarlas. Los sedimentos resultantes se depositaban en el mar y posteriormente se consolidaban. El agente de consolidación no podía ser el agua, a causa de la naturaleza insoluble de la matriz de las rocas. Hutton estaba influido aquí por los experimentos de Black que parecían sugerir que una combinación de calor y presión, junto con la profundidad, podían conducir a la consolidación.

El poder expansivo de este calor interior llevaría finalmente al levantamiento del fondo del mar, tal como lo indicaba la presencia de fósiles marinos en las tierras emergidas que a su vez serían destruidas por la denudación y así sucesivamente, en una serie de ciclos, durante un periodo de tiempo indefinidamente largo.

Las rocas intrusivas, clasificadas como *whinstones,* granito y pórfidos (incluyendo la felsita y el pórfido cuarcífero), eran los testigos más reveladores de la importancia del calor. El plutonismo de Hutton era por consiguiente mucho más opuesto, fundamentalmente, al modelo de Werner de una Tierra pasiva, con cambios progresivos, de lo que nunca lo fueron las ideas de los vulcanistas. Desmarest siguió negando, hasta su muerte, el origen ígneo del granito; en cambio, un neptunista tan convencido como De Luc estaba dispuesto a aceptar que el basalto era una roca volcánica.

Por consiguiente, se podía haber esperado un ataque violento y masivo de los wernerianos, pero el hecho fue que el trabajo de Hutton se ignoró en gran manera, a excepción de los ataques de De Luc y Kirwan, dirigidos, en especial, al desafío de Hutton contra la cronología bíblica tan ampliamente aceptada. Kirwan también contradijo la interpretación ígnea del granito. Su ataque[17] estaba escrito en términos tan agrios que Hutton se vio obligado a redactar un tratado en dos volúmenes, con una exposición mucho más documentada de su teoría ("con pruebas e ilustraciones"), que apareció en 1795, dos años antes de su muerte.[18] Un siglo más tarde, se descubrió

[17] Kirwan, R., *Trans. roy. Irish Acad.,* 1974.
[18] Hutton, J., *Theory of the earth, with proofs and illustrations,* 2 vols., Edimburgo, 1795. Facsímil reimpreso en 1959 por Wheldon y Wesley Codicote, Herts.

el original de un tercer volumen que fue publicado par la Geological Society de Londres, en 1899.

El primer capítulo del volumen I es prácticamente una reproducción palabra por palabra del artículo de 1788 y, curiosamente, deja de mencionar los resultados de sus grandes investigaciones de 1785-1788, en las que descubrió no solamente filones de granito intrusivo, sino también discordancias angulares.[19] El capítulo II es una réplica a las críticas de Kirwan. Refiriéndose a la pretensión de Kirwan de considerar el granito como un producto acuoso, Hutton olvida despreciativamente el ejemplo citado por Kirwan del umbral sobre el río Oder, indicando que no había pruebas que demostraran su extraordinaria pretensión de que la roca granítica se hubiera formado pasando el agua a través de arenas graníticas. ¡Habría sido mucho más fácil aceptar que la arena no consolidada hubiera sido cementada por el lodo! Es extraordinario, desde luego, que Hutton deje de mencionar sus hallazgos en el Glen Tilt, Galloway y Arran, que apoyaban sus ideas sobre el origen intrusivo del granito.

En el capítulo III se critica a los neptunistas aunque no se mencione explícitamente a Werner, pero también se critica a los vulcanistas porque no saben reconocer la relación entre los volcanes y los levantamientos de tierras, así como también por estar dispuestos a aceptar que las amígdalas, en el basalto, se habrían originado por la infiltración hacia dentro de vesículas (ésta es, realmente, la explicación correcta). El capítulo siguiente se dedica a contradecir la idea de que los llamados *Terrenos primitivos* que afloran en los núcleos de las cadenas montañosas, forman parte del "núcleo" original del mundo, que se formó antes que ninguna "materia organizada" (como los fósiles) y hace constar que en estos terrenos, por ejemplo en el distrito inglés de los Lagos y en las Southern Uplands de Escocia, se han encontrado tanto cantos rodados, que suponen procesos de erosión y sedimentación, como fósiles. Se ve claramente que Hutton ataca aquí la interpretación de Lehman y sus contemporáneos, aunque no se mencione nombre alguno, y evidentemente no se había enterado de que Werner había transferido estos terrenos del Primitivo al de Transición, lo que debilitaba la fuerza del desafío de Hutton. Éste plantea luego el origen del granito, que tanto neptunistas como vulcanistas consideran como primitivo. (No se cita lo que descubrió en el Glen Tilt, Galloway y Arran, hasta el tercer volumen, que se publicó después de su muerte.)

La única parte del volumen I que nos interesa aquí son las observaciones del capítulo VI sobre su descubrimiento de la existencia de discordancias angulares en Arran y en Siccar Point, en el Berwickshire. Hutton fue el primero en apreciar la importancia de estos hechos de observación como indicadores de una secuencia histórica: depósito de sedimentos y consolidación —basculamiento y levantamiento— erosión-depósito de sedimentos y consolidación.

[19] Bailey, *op. cit.* (nota 16), propone como una posible excusa que Hutton estaba muy enfermo mientras preparó su original.

La discusión sobre las pruebas en favor del levantamiento continúan en el capítulo I del segundo volumen, del cual una parte importante se dedica a la obra descriptiva sobre los Alpes de De Saussure, un precursor. Los conocimientos que Hutton tenía sobre esta gran cordillera se basaban por completo en esta obra.[20] La prueba más evidente descrita en el segundo volumen de la obra de De Saussure, publicado en 1786, se refiere a su hallazgo, en Valorsine, de unos potentes conglomerados de cantos rodados y arena, interestratificados, en posición vertical. Durante mucho tiempo, De Saussure, que seguía las ideas de Werner, había creído que los estratos verticales fuertemente inclinados que flanqueaban los granitos alpinos, se encontraban en su posición original de formación. Los conglomerados de Valorsine le persuadieron de lo contrario. Se vio forzado a admitir que fueron depositándose horizontalmente y más tarde fueron trastornados por movimientos de la tierra.

Lógicamente, Hutton se entusiasmó con este hallazgo porque ponía en duda el principio fundamental de la doctrina werneriana. Ya casi se aceptaba en todas partes que las capas de esquistos presentaban fuertes buzamientos pero, a causa de la naturaleza cristalina de estas rocas, su interpretación era ambigua y no quedaba claro que la explicación de Hutton, diciendo que se trataba de sedimentos alterados más tarde por el calor, fuera la correcta. En cambio, para cualquier observador sensato, no cabía duda de que en el caso de conglomerados como los de Valorsine se trataba de rocas rudíticas no alteradas. Esto proporcionó una defensa clara a la admisión esporádica, ya desde tiempos de Steno, de que los estratos sedimentarios podían haber sido dislocados o inclinados, así como levantados. Más aún, según el principio de Occam, la presencia, aceptada ya desde mucho tiempo atrás, de fósiles marinos en las cordilleras, se explicaba más sencillamente por el levantamiento del fondo marino que por la subsidencia de un océano universal, ya que la desaparición progresiva de sus aguas continuaba siendo un misterio insondable.

Desde el punto de vista de Hutton, habría sido aún más apasionante que se hubieran encontrado pruebas de la acción volcánica en los Alpes y, evidentemente, se sintió desengañado al no haberlas hallado tampoco en el segundo y tercer volúmenes de los *Voyages* que alcanzó a ver poco antes de su muerte.

La gran obra de Hutton tuvo una influencia directa muy escasa entre la comunidad geológica, posiblemente a causa de su prosa un tanto oscura y verbosa y por la falta de una estructura ordenada de una forma coherente, unido al hecho de no haber publicado la prueba fundamental del carácter intrusivo del granito. Hubo que esperar hasta principios del siglo XIX para que el trabajo de Playfair, mucho más lúcido, llamara la atención de los estudiosos, pero antes debemos volver a los hallazgos de algunos de los más preclaros discípulos de Werner en la Europa continental.

[20] De Saussure, H.B., *Voyages dans les Alpes,* 4 vols., Ginebra, Barde-Manget, 1779-1796.

LAS INVESTIGACIONES DE D' AUBUISSON Y VON BUCH[21]

A medida que pasaba el tiempo, aumentaron la profundidad y extensión de los trabajos de campo que demostraron que el esquema estratigráfico de la *Kurze Klassifikation* de Werner necesitaba corregirse. Ya hemos observado anteriormente que Werner intercaló muy pronto una formación de Transición entre sus formaciones Primitivas y Floetz. De mayor importancia, ya que en ellas se apoyaba la teoría de los precipitados a partir de un océano que se retiraba lentamente, fue el hallazgo de rocas atribuidas originalmente a los terrenos primitivos, como el basalto y los pórfidos, intercaladas entre rocas de sedimentación mecánica en el terreno Floetz, sugiriendo el retorno a condiciones que favorecían la precipitación en medio acuoso. También se descubrió más adelante que algunos granitos *recubren* pizarras del terreno Primitivo. Estos fenómenos se explicaban hablando por ejemplo de granitos antiguos y modernos, y de los pórfidos primero, segundo, tercero y cuarto. Nunca quedó perfectamente claro cómo podían ser explicadas estas transformaciones, y el hecho de invocar fluctuaciones periódicas del océano universal, sobre una base *ad hoc* tan arbitraria, debería haber debilitado la fe de los partidarios de Werner, a excepción de los más fanáticos. Por añadidura, no existía, en la teoría werneriana, una explicación convincente para las variaciones considerables de la potencia de las unidades de terreno de una a otra área.

Sin embargo, los golpes más duros que recibiría la doctrina neptunista vinieron por el abandono, para pasarse al campo vulcanista, de tres de los mejores discípulos de Werner que habían estudiado con él en los años 1790: Humboldt, D'Aubuisson y Von Buch.

Jean François d'Aubuisson de Voisins (1769-1819) nació en Toulouse y estudió en Freiberg desde 1797 hasta 1802. Abandonó Freiberg como neptunista convencido y escribió un tratado sobre los basaltos de Sajonia, en el que se presentaba la teoría werneriana como algo incontestable. Sus maestros le aconsejaron que visitara un área en la cual pudieran estudiarse los volcanes modernos, y se fue a Auvernia y al Vivarais. Se encontró con basaltos que recubrían granitos de por lo menos 400 metros de potencia. Puesto que difícilmente podía suponerse que el *carbón* se encontrara por debajo del más antiguo precipitado químico, según las enseñanzas de Werner, estos basaltos no podían ser lavas, pero vio cráteres con corrientes de lava. Por consiguiente, llegó a las mismas conclusiones, y por las mismas razones, a las que había llegado Dolomieu unos años antes. Rápidamente publicó el resultado de sus investigaciones,[22] pero le costó algún tiempo aceptar que los basaltos de Sajonia tuvieran origen idéntico.

[21] Las principales fuentes de referencia para esta sección son los libros de Geikie y Adams, citados en la nota 2.

[22] D' Aubuisson de Voisins, J.F., J. *Physique,* 58 (1804), 427, 59 (1804), 367.

> Los hechos que contemplé hablaban demasiado claro para equivocarme. La verdad se reveló por sí misma demasiado claramente ante mis ojos, de manera que, o bien debía negar absolutamente el testimonio de mis sentidos en la búsqueda de la verdad, o bien la de mi conciencia si no publicaba la verdad de manera inmediata. No cabe duda de que se encuentran basaltos de origen volcánico en Auvernia y el Vivarais. En Sajonia, y en general en las regiones basálticas, se encuentran masas de rocas con una matriz exactamente idéntica, que encierran exacta y exclusivamente los mismos cristales y que tienen la misma estructura en el campo. No se trata simplemente de una analogía, sino de una completa identidad, y no tenemos más remedio que aceptar la conclusión de que también existió una completa identidad en su formación y origen.[23]

El más eminente, con mucho, de los propagandistas activos de la causa de Werner en los primeros años de sus brillantes trabajos de campo, fue Leopold von Buch (1774-1853). Sus trabajos acabaron por ganarle la fama de ser el geólogo más importante de su generación. Después de abandonar Freiberg, trabajó durante una corta temporada para el Servicio Minero de Silesia, pero renunció al puesto en 1797 para dedicarse por completo a la investigación. De familia acomodada, estaba protegido financieramente como para poder escoger con libertad. Inmediatamente visitó los Alpes por primera vez, y en los años siguientes viajó a Italia. En los primeros años del nuevo siglo escribió un libro de viajes muy conocido y dedicado a Werner, donde dejaba expuestas sus investigaciones.[24]

Ya en su primer volumen Von Buch se expresa categóricamente como neptunista. “Cada país y cada región donde se encuentra el basalto, nos proporcionan pruebas absolutamente opuestas a las ideas que nos dicen que esta curiosa roca ha salido a la superficie en estado de fusión mediante una erupción, y, todavía más, que cada colina basáltica indica el emplazamiento de un volcán.”[25]

Parece probable que las primeras semillas de la duda aparecieran después de ver los terrenos volcánicos de los alrededores de Roma, y que en el Vesubio y sus alrededores, y en los Campos Flégreos, quedó tremendamente impresionado por la demostración del poder manifiesto de las fuerzas volcánicas. Y también parece que quedó especialmente asombrado al descubrir un pórfido feldespático que era sin duda alguna una colada de lava y en vano buscó pruebas de depósitos de carbón que hubieran podido proporcionar la enorme cantidad de calor necesaria. Así y todo, se resistió a convertirse a las ideas vulcanistas, pero ya no dudó en cambiar de opinión después de visitar Auvernia, esa tumba de las

[23] D' Aubuisson de Voisins, J.F., *Traité de Geognosie* (trad. de Geikie), vol. 2, pp. 603, 1819.

[24] Von Buch, L., *Geognosticsche Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien,* 2 vols., Berlín, Hande and Spencer, 1802-1809.

[25] Von Buch, *op. cit.* (nota 24) (trad. de Geikie), vol. 1, p. 126.

ideas neptunistas, en 1802.[26] Al igual que Dolomieu antes que él y que D'Aubuisson después, Von Buch quedó asombrado al encontrarse con volcanes que surgían de altiplanicies de granito macizo. No podía negar el origen volcánico del basalto ni de los pitones que contenían feldespato porfídico. Sin embargo, no es del todo cierto que volviera a Alemania totalmente convertido al vulcanismo, puesto que persistió tozudamente, durante algún tiempo, creyendo que los basaltos de Sajonia, que aparecían intercalados con capas de sedimentos, eran de origen acuoso.

Los siguientes viajes importantes de Von Buch, en 1806, 1807 y 1808, le condujeron a Escandinavia, y de nuevo publicó sus hallazgos en un libro de viajes que se hizo popular.[27] En relación con la controversia citada, su único descubrimiento, de capital importancia, ocurrió en la región de Cristianía, en Noruega, donde observó filones graníticos que se extendían hasta penetrar en calizas fosilíferas, las cuales, en el contacto, habían sido visiblemente alteradas por el calor. También encontró y las interpretó correctamente, pruebas del reciente levantamiento del terreno en diversas partes de Escandinavia. Estos resultados influyeron significativamente en su conversión a la escuela plutonista, pero nunca reconoció públicamente su deuda con Hutton, aunque parece inverosímil que no tuviera conocimiento alguno de sus trabajos.

Von Buch prosiguió sus trabajos en las Canarias, los Alpes y en otros puntos, y progresivamente va convenciéndose de la importancia del vulcanismo en la génesis de las montañas, pero nunca renunció abiertamente a la doctrina werneriana, que, como veremos más adelante, abarcaba mucho más que el neptunismo. Su emancipación fue gradual y tanto para él como para sus contemporáneos, las ideas neptunistas fueron simplemente debilitándose, a medida que progresivamente iban perdiendo importancia o dejaban de ser inspiradoras para las investigaciones de aquel momento. Igualmente, D'Aubuisson se inclinó aún hacia el sistema werneriano en su tratado publicado muy poco antes de su muerte, pero rechazó algunas partes en favor de las ideas plutonistas. El neptunismo continuó enseñándose en las universidades alemanas durante algunos años después de la muerte de Werner, pero más por razón de la autoridad establecida que por convicciones profundas, porque esta teoría nunca se rehízo de los golpes que le infligió la deserción de algunos de los más eminentes discípulos de Werner. Mucho tiempo después de que se hubiera borrado la creencia de un océano universal subsidente, seguían utilizándose extensivamente sus términos estratigráficos, como *Transición* y *Floetz,* pero hacia la mitad de la década de 1820, el neptunismo estaba realmente muerto. Hablaremos ahora de la bien documentada decadencia del neptunismo en las Islas Británicas.

[26] Por lo que parece, sus opiniones corregidas eran conocidas por los tutores de D'Aubuisson cuando le recomendaron que visitara Auvernia.

[27] Von Buch, L., *Reise durch Norwegen und Lappland,* Berlín, 1810. En 1813 se publicó una traducción inglesa de J. Black, Londres.

LA CONTROVERSIA BRITÁNICA

Kirwan volvió a atacar a Hutton de una forma intemperante en sus *Geological Essays* (1799) y armó mucho ruido con su descubrimiento de fósiles marinos en capas de basalto, en Protrush, Irlanda del Norte, ya que consideró que era una prueba de primera mano para el origen acuoso. Poco tiempo después, los seguidores de Hutton pudieron demostrar que el supuesto basalto era, en realidad, una superficie de contacto entre pizarras arcillosas recocidas y basalto enfriado, aunque esto nunca fue aceptado por los neptunistas más apasionados. Uno de los seguidores de Hutton era John Playfair (1748-1819), para quien el renovado ataque de Kirwan fue un fuerte estímulo para redactar una versión más inteligible y, por lo tanto, más aceptable, de la gran obra de su amigo. Su *Illustrations of the Huttonian Theory*[28] se leyó realmente mucho y se convirtió rápidamente en una obra clásica. No sólo se presentan las ideas de Hutton en una prosa mucho más clara que la que pudo producir el maestro, sino que se rebajaron mucho los tonos providencialistas. Se presentaron nuevas pruebas de una serie de casos y algunas veces Playfair mejoró la calidad de los argumentos. En otras palabras, fue más que un simple divulgador.

El otro plutonista importante, discípulo de Hutton, fue Sir James Hall (1761-1832), precursor de la petrología experimental. Inspirado en las ideas de Hutton sobre el origen ígneo del granito, del pórfido y del basalto, empezó a realizar experimentos sobre la fusión del basalto escocés e italiano y publicó sus resultados, varios años después, en un artículo titulado “Experiments on whinstone and lava”.[29] Observaba que el rápido enfriamiento conducía a la formación de vidrio pero que un enfriamiento lento daba como resultado una roca cristalina parecida al material original.

En los primeros años del siglo XIX, Edimburgo se convertiría en el teatro de una excepcional y agria controversia entre plutonistas y neptunistas. A la cabeza de los neptunistas estaba Robert Jamieson (1774-1854) que en 1800 viajó a Freiberg, después de estudiar en la Universidad de Edimburgo. En 1804 volvió a Edimburgo para hacerse cargo de la cátedra de Historia Natural del Regius (nombre medieval de la Universidad de Edimburgo, que recuerda su fundación real), cargo que desempeñó durante medio siglo, hasta su muerte. (Playfair cambió la cátedra de Matemáticas por la de Filosofía Natural de la misma universidad, en 1805).

Jamieson, al igual que su respetado maestro de Freiberg, era un mineralogista muy preparado y llegó a ser el director del museo universitario. Los volúmenes I y II de su obra *System of mineralogy*, publicados en 1804, eran sobre todo un catálogo descriptivo, pero el volumen III (1808),

[28] Playfair, J., *Illustrations of the Huttonian Theory*, Edimburgo, 1802. Facsímil reimpreso en 1956 por University of Illinois Press.

[29] Hall, Sir J., *Trans. roy. Soc. Edinb.*, 5 (1798), 43.

presenta la mejor descripción en lengua inglesa de las teorías de Werner, aunque sin aportar ninguna originalidad.[30] Jamieson, como buen werneriano, insistía en el valor del trabajo práctico de campo.

> Debemos advertir que es necesario un grado considerable de experiencia práctica en la observación de la naturaleza y en la búsqueda de las relaciones entre las formaciones minerales, para llegar a ser capaces de aplicar los principios de la geognosia werneriana e incluso para comprender debidamente sus valores como una fiel representación del reino mineral. También es cierto que si tratamos de escribir descripciones mineralógicas sin tener conocimiento, no sólo de los fósiles simples [es decir, minerales] y rocas constitutivas de terrenos, en la medida en que pueden ser observadas en los laboratorios, sino de la manera en que se integran para constituir grupos de terrenos[31] que sólo pueden comprenderse claramente estudiando con minuciosidad la veteada y estratificada estructura de las rocas, las relaciones varias entre capas y filones, así como las características y conexiones de las distintas formaciones, tal como aparecen en la naturaleza misma, *en gran escala,* fracasaremos, sin duda alguna, al querer dar a conocer una información útil. En este estado de ignorancia podemos, quizá, imaginar que a menudo descubrimos señales de dislocación, contorsión y confusión que únicamente existen en nuestra imaginación. Incluso, podemos llegar a la conclusión formidable de que la parte sólida de este globo es poco más que un montón de ruinas. El desaparecido doctor Hutton, de este lugar [Edimburgo], un hombre de genialidad indiscutible, pero poco ducho en mineralogía, supuso, a partir de sus observaciones, que el mundo actual ha sido formado a partir de los restos de dos mundos anteriores, habitados por numerosas tribus de animales, y recubierto con una profusión de magníficos vegetales. Según esta extraña hipótesis, incluso el gneis, las pizarras micáceas [micaesquistos] y las pizarras arcillosas no son más que depósitos mecánicos reblandecidos por la acción del calor, de manera que pudieran ser levantados sin fracturarse, desde su supuesta posición horizontal originaria hasta su posición vertical actual.
>
> Todos los especialistas en geognosia, a excepción de los huttonianos, admiten que existe una importante clase de terrenos, denominados Primitivos, los cuales forman la parte más antigua de la Tierra, que no contienen materiales más antiguos que ella misma y son un verdadero precipitado químico. Por consiguiente, no puede concebirse que material alguno de este mundo derive de uno o más mundos anteriores a él. Si puede probarse la verdad de este hecho, será evidente que

[30] Jamieson, R., *Elements of geognosy,* 1808. Facsímil reimpreso con el título *The Wernerian theory of the Neptunian origin of rocks,* Nueva York, Hafner Press, 1976.

[31] Utilizamos *gebirge* en el sentido antiguo minero que utiliza Werner, y no en el más general que le da la versión inglesa *(N. del T.).*

> la teoría huttoniana, a pesar de la poderosa elocuencia esgrimida en su defensa, deberá rechazarse por falta de bases.[32]

Los estudiosos de las polémicas pueden aprender mucho de este párrafo: desde el insulto hasta el débil elogio, para tratar de aislar a la oposición de la corriente científica fundamental, a base de insinuar calumniosamente su ignorancia y sugerir el ridículo.

Jamieson sigue con sus argumentos:

> Los huttonianos consideran que el gneis y los micaesquistos son depósitos mecánicos porque las rocas formadas a partir de un estado de completa fusión no pueden conservar, de ninguna manera, una estructura "pizarrosa". Si esta suposición es correcta, dichas rocas no podrían encontrarse nunca en filones porque, según los huttonianos, todos los filones están rellenados por inyecciones de materia fluida desde abajo. Sin embargo, ya es bien conocido que todas estas rocas ("pizarras porfídicas", "pizarras arcillosas", "pizarras micáceas") *se encuentran en filones que a menudo son de gran magnitud.*[33]

Por consiguiente, no pueden tener un origen "mecánico" y estar formadas mediante la alteración por el calor de sedimentos detríticos. Jamieson contrapone la arenisca al gneis y a los esquistos. En la primera de estas rocas, el feldespato, cuarzo y mica aparecen como partículas manifiestamente clásticas, con marcadas señales de desgaste. En las otras, estos minerales son claramente cristalinos sin cemento entre sus granos.

> De estos hechos se deduce irremisiblemente que el gneis y la pizarra micácea son verdaderos productos químicos, y puesto que el gneis pasa a ser granito y la pizarra micácea a pizarra arcillosa, todas estas rocas deben considerarse como pertenecientes a un conjunto formado del mismo modo. Por lo tanto, hemos conseguido demostrar que las cuatro grandes rocas primitivas, granito, gneis, pizarras micáceas y pizarras arcillosas, no están compuestas de materiales procedentes de rocas más antiguas que ellas mismas, sino que son primitivas en el sentido más estricto. Así pues, los materiales del mundo actual no proceden de uno o más mundos anteriores a él, y, como consecuencia, este gran principio de la teoría huttoniana se derrumba.[34]

Los estratos ondulados o plegados se atribuyen a filones irregulares. La teoría huttoniana de los filones se pone en entredicho, con frecuentes citas de Playfair, y la afirmación del mismo de que los filones son más gruesos cuanto más profundos se rechaza, basándose en la experiencia minera. Estos filones que se cierran en su ápice no son filones principales sino únicamente *ramas* de éstos. Se demuestra[35]

[32] Jamieson, *op. cit.* (nota 30), pp. 344-345.
[33] Las cursivas son mías.
[34] Jamieson, *op. cit.* (nota 30), p. 348.
[35] *Ibid.,* p. 346.

que estos filones están rellenados con rocas como las pizarras micáceas que, según los huttonianos, nunca llegaron a su completa fusión.

Evidentemente, la concepción de Jamieson sobre los filones era muy distinta de la de los huttonianos y abarcaba estratos rocosos o capas de rocas metamórficas. Es difícil llegar a establecer un diálogo satisfactorio entre personas con ideas previas totalmente diferentes.

En todo el libro, Jamieson niega de plano el fenómeno del calor, por contacto, en la periferia de las *whinstones,* y niega también que las sustancias producidas por Hall en sus experiencias puedan compararse con rocas que aparecen naturalmente en la corteza terrestre.

En 1808, Jamieson fundó la Sociedad Werneriana y publicó sus *Memorias* desde 1811. En los primeros dos volúmenes los artículos geológicos son todos wernerianos sin ningún género de dudas, utilizando la terminología del maestro, pero, hacia 1820, las *Memorias* habían abandonado prácticamente este riguroso neptunismo, aunque sin retractaciones dramáticas ni cambios de puntos de vista. Progresivamente, se fueron publicando más artículos de zoología, botánica y paleontología, a medida que desaparecía gradualmente el espíritu del neptunismo. Jamieson tuvo el mérito de aceptar artículos tanto de seguidores como de contradictores de las teorías de Werner (o quizá fue porque tenía poco material para publicar). Sin embargo, en general, los artículos, mucho menos numerosos en favor del plutonismo, se publican en las *Transactions of the Geological Society,* mientras que los artículos para el profano se publicaban en la *Edinburgh Review.*

Los razonamientos dogmáticos y apriorísticos de los wernerianos fueron atacados en términos muy mordaces por un crítico anónimo, en 1811. Parece que se trataba de W.H. Fitton, uno de los mejores estudiantes de Jamieson y que más tarde se pasó al campo de los huttonianos.

> La escuela werneriana impide el progreso de los descubrimientos. Su manera de actuar es simple. Al suponer que existe un orden prefijado y determinado, cuando en realidad no es así, impide proseguir la investigación y, basándose en un principio teórico, da por seguras proposiciones que requerirían ser probadas por una auténtica observación... Si ahora un werneriano dedicado a la geognosia inicia el estudio de una región, se dedica fundamentalmente a colocar los fenómenos que observa en las situaciones que su maestro les designó en su planificación del reino mineral. No se trata tanto de describir los estratos tal como están situados y compararlos con los de otros terrenos similares de otros países, como de decidir si pertenecen a esta o aquella serie de depósitos que, se supone, se colocaron en otro tiempo sobre toda la Tierra...[36]

En un artículo posterior,[37] Fitton cuenta una anécdota interesante que se refiere al

[36] Anón, *Edinburgh Rev.,* 18 (1811), 95.
[37] Fitton, W.H., *Edinburgh Rev.,* 65 (1837), 9.

reverendo William Richardson, un neptunista acérrimo que apoyó a Kirwan en sus interpretaciones del "basalto" de Portrush. Estando en Edimburgo, procedente de su Irlanda nativa, Hall le mostró, en Salisbury Crags, un contacto de arenisca y basalto, con un fragmento de arenisca incrustado en el mismo basalto. Richardson expresó su asombro de que una teoría sobre la Tierra se basara en un hecho tan trivial.

La controversia siempre fue más apasionada en Edimburgo que en Londres, y la verdad es que uno de los objetivos principales de los fundadores de la Geological Society, en 1807, fue el esquivar discusiones y elucubraciones en provecho de la sobria recolección de los hechos. Los miembros que dirigían la sociedad en la segunda década del siglo, como Conybeare y Buckland, no solamente aceptaron que el basalto era una roca volcánica, sino que tendieron a apoyar a los huttonianos en sus teorías sobre el granito y sobre la importancia del calor en la transformación de las rocas.

Para Jamieson debió de ser un golpe amargo el que otro de sus discípulos le abandonara para pasarse al campo huttoniano. Ami Boué (1794-1881) nació en Hamburgo, de familia francosuiza, y estudió medicina en Edimburgo, pero, como en el caso de Hutton, su auténtica pasión era la geología. En 1820 escribió un artículo en el que se demostraba una conversión parcial, por lo menos, a la interpretación plutonista de los granitos escoceses y en 1823 describió intrusiones de granito en el Pirineo. Aunque siempre reconoció la prioridad de Hutton, muchos geólogos del continente consideraron que Boué había sido el auténtico descubridor.[38] En 1822, en las *Memoirs of the Wernerian Society,* aseveró tranquilamente que las Erzgebirge, uno de los terrenos hollados por Werner, contenía pruebas que podían aducirse en favor de la teoría huttoniana.

Adam Sedgwick comentaría más tarde: "durante largo tiempo mi mente tuvo problemas por culpa del agua, pero la luz y el calor los han disipado por completo".[39]

"No los examiné [algunos terrenos en busca de fósiles] en 1823-1824 porque creí que estaban por debajo de la región de la vida animal. En aquella época no había llegado aún a abandonar completamente los disparates wernerianos que me habían sido enseñados."[40]

Jamieson seguía impertérrito enseñando "disparates wernerianos" aún en 1825, con gran desesperación, por lo menos, de uno de sus discípulos, Charles Darwin.

> Escuché al profesor en Salisbury Crags, hablando de un *trap dyke* [sic] con estructura amigdaloide en sus márgenes y los estratos endurecidos en ambos hastiales, con rocas volcánicas alrededor nuestro, y diciendo que se trataba de una fisura rellenada con sedimentos desde arriba, y añadiendo, con desprecio, que había personas que defendían la idea de que el material

[38] Véase Fitton, *op. cit.* (nota 36).
[39] Clarke, J.W., y T. Mck. Hughes, *Life and letters of Adam Sedgwick,* vol. I, Cambridge University Press, pp. 284, 1890.
[40] Clarke, J.W., y T. Mck. Hughes, *op. cit.* (nota 38), p. 251.

> del dique había sido inyectado en estado de fusión. Cuando pienso en aquella conferencia no me extraña haber decidido que nunca asistiría a las clases de geología.[41]

Afortunadamente para la geología, Adam Sedgwick y Charles Lyell despertaron su entusiasmo unos años más tarde.

Jamieson no era un hombre torpe y alcanzó una vejez llena de madurez que llegó mucho más allá del momento en que esta controversia había pasado ya a la historia. Por ello, vale la pena inquirir si se retractó alguna vez. Tal retractación nunca apareció por escrito, aunque, según Sweet,[42] sí ocurrió en una reunión de la Royal Society de Edimburgo, pero no se conoce la fecha precisa.

CONCLUSIONES

A partir de los tiempos de Lyell, los historiadores de la geología han tendido a considerar la controversia neptunista-vulcanista/plutonista de una forma muy parcial. Si bien conceden a Werner su contribución a la clasificación de los minerales y rocas (lo cual, en realidad, no deja de ser un arte menor), y cualidades como profesor, muchos consideran que retrasó el progreso de la geología a causa de su insistencia dogmática sobre unas teorías terriblemente erróneas y sin tener en cuenta la evidencia.[43] En cuanto a muchos de los discípulos de Werner, parece que el desprecio en que los mantuvieron sus oponentes persistió mucho más tiempo del debido, cuando ya no se hablaba de esta discusión. En Gran Bretaña, más que en el resto de Europa, el neptunismo se asociaba fuertemente con las ideas catastrofistas más exageradas, con un rígido partidismo por la exposición bíblica de la historia, que se encuentra en el Génesis. Si bien esto es cierto en cuanto a Kirwan y en menor grado en cuanto se refiere a De Luc, como observaremos en el próximo capítulo, no lo es ya de la mayor parte de geólogos que defendieron las teorías neptunistas y, desde luego, no lo es del maestro mismo. Werner, de hecho, lo mismo que Hutton, era un deísta, e incluso se le acusó de ateo.[44]

Desmarest, Hutton y sus defensores han sido, por el contrario, tratados reverentemente, como ejemplos vivientes del enfoque empírico e inductivo que generalizaba, con mucha prudencia, a partir de hechos observados minucio y cuidadosamente interpretados.

Más que aceptar acríticamente el punto de vista corriente y contemplar la generali-

[41] Darwin, F., *Life and letters of Charles Darwin*, vol. I, Londres, Murray, p. 41, 1887.
[42] Sweet, J.M. La introducción a la edición facsímil de Jamieson, *op. cit.* (nota 30), 1976.

[43] Véase, por ejemplo, Geikie, *op. cit.* (nota 2), p. 103. "... aunque rindió un gran servicio por la precisión de los caracteres litológicos que describe y por su insistencia en la doctrina de la sucesión geológica; sin embargo, respecto a la teoría geológica, tanto si era por sus mismas enseñanzas directamente, como indirectamente por los trabajos de sus discípulos y seguidores, una gran parte de su influencia fue desastrosa para *los más altos intereses de la geología*". (Las cursivas son mías).
[44] Ospovat, *op. cit.* (nota 2).

zada aceptación final de las interpretaciones huttonianas de una forma simplista, como el triunfo de las fuerzas de la luz (¿o del calor?) sobre los poderes de las tinieblas o, por lo menos, del oscurantismo, deberíamos reflexionar sobre qué habría en las enseñanzas de Werner que incitó a algunas de las mejores inteligencias de Europa tanto a transmitirlas como a hacer investigaciones geológicas en una gran parte del planeta. ¿Qué era, pues, lo más seductor de la doctrina neptunista que hizo surgir tantos cruzados? Antes de tratar de contestar a esta pregunta, sería necesario equilibrar algo la balanza entre las interpretaciones neptunistas y plutonistas de determinados fenómenos geológicos.

Si bien se aceptó de manera casi universal, a mediados de la década de 1820, que rocas como el basalto y el granito no eran precipitados acuosos sino que tenían un origen ígneo, la interpretación neptunista de la consolidación de los sedimentos por compactación y la cimentación mineral están más cerca de la realidad que la insistencia de Hutton diciendo que el calor era el agente causal incluso de la formación de sílex en las capas de creta. El mismo Playfair atribuía el origen de un conglomerado silíceo a una corriente de sílex en fusión, inyectada dentro de una masa de grava suelta. La verdad es que, durante muchos años, uno de los argumentos principales que se esgrimían en contra de los huttonianos era que ninguna cantidad de calor, por sí misma, podía ser la causa de la consolidación de los sedimentos clásticos.

Los huttonianos insistían en que *todos* los filones eran de origen ígneo y habían sido alimentados desde abajo. Hoy se sabe que la alternativa neptunista de que existieron precipitados acuosos a baja temperatura procedentes de la superficie, es parcialmente correcta, por lo menos en lo que se refiere a filones metalíferos.

Otro punto a observar es que si bien el levantamiento del fondo del mar constituye una explicación más adecuada para la aparición de estratos marinos en las colinas y montañas que la subsidencia de un océano universal, Hutton era mucho menos concreto en la parte de su ciclo dinámico que se refería a los levantamientos que en las que se trataba de la denudación y la sedimentación.

Es muy fácil para la generación actual de geólogos mirar con desprecio el fracaso neptunista al interpretar correctamente las pruebas de campo que a nosotros nos parecen tan claras y terminantes, pero tenemos la ventaja de un conocimiento del mundo natural tremendamente superior. Vale la pena recordar que, a pesar de su labor pionera en Auvernia, un observador tan bueno como Guettard no creyó que el basalto fuera una roca volcánica, e incluso Desmarest confesaba que si solamente hubiera tenido la experiencia de los basaltos de Sajonia habría cometido el mismo error que Werner. Incluso Von Buch, después de convencerse del origen volcánico de los basaltos de Auvernia, no se decidió durante mucho tiempo a extrapolarlos a los de Sajonia.

No debemos olvidar que el estudio microscópico de las rocas se inició muchos años después, y la creencia primitiva de Desmarest de que el basalto podía derivarse del granito en fusión, nos indica clara-

mente lo rudimentarios que eran los conocimientos de la época sobre química de las rocas. Werner creyó encontrar transiciones convincentes entre basaltos y sedimentos; lo mismo le ocurrió a Jamieson, entre el granito y el gneis, y ambos citaban estas pruebas en defensa de la interpretación neptunista. La técnica de buscar en el campo la prueba de transiciones es una práctica de campo corriente y ha sido siempre uno de los mejores medios de establecer correlaciones.

Sin duda, puede criticarse a Werner por sus temerarias generalizaciones, a nivel de planeta, partiendo de un campo de conocimientos muy limitados de las rocas, y realmente su sistema empezó a derrumbarse tan pronto como los mejores de sus discípulos, D'Aubuisson, Von Buch y Humboldt, empezaron a explorar importantes formaciones rocosas más lejanas. Sin embargo, hemos de reconocer que mientras Desmarest parece haber sido un ejemplo de empirista, Hutton fue un constructor de sistemas, por lo menos tan racionalista como Werner, puesto que muchas de las observaciones fundamentales de campo que apoyaron su teoría con pruebas, se hicieron bastante tiempo después de la primera definición de aquélla. Si estuvo básicamente acertado al conceder más importancia al calor que al agua respecto de una amplia gama de fenómenos geológicos, nuestros conocimientos, enormemente mejorados, nos dicen que a menudo acertó por caminos erróneos.[45]

Hay algo importante en el sistema de Werner, y en ello era superior al de Hutton: tenía una estratigrafía. Desde luego, se trataba únicamente de una litoestratigrafía muy burda pero, por lo menos, era un comienzo necesario para realizar un adecuado estudio histórico de la tierra, y esto era, después de todo, lo que desde los primeros tiempos se consideraba la esencia de la geología.[46] Las divisiones locales de Füchsel, Lehman y Bergman fueron avances útiles, pero únicamente un esquema universal basado en datos factuales claros, y no a la manera de los cosmogenistas, podía producir entusiasmo intelectual. Seguramente fue la *idea* de la correlación universal la que hizo que los wernerianos se repartieran por todo el mundo intentando demostrar la presencia de, por ejemplo, las formaciones de Primitivo, Transición y Floetz. Es por ello que las restricciones de Fitton, en su artículo de 1811 sobre los wernerianos, parecen un poco injustas porque, incluso hoy día, muchas de las investigaciones geológicas más respetables consisten en pasar del caos de los afloramientos de rocas, observados en el campo, a los cortes geológicos

[45] Porter, *op. cit.* (nota 1), en una refrescante y rotunda respuesta a la hagiografía convencional de Hutton, observa lo independiente que era éste de la corriente empírica dominante de los geólogos británicos de finales del siglo XVIII, y sostiene que sólo se le puede entender plenamente como miembro de la Ilustración escocesa, junto con otras figuras importantes como David Hume y Adam Smith.

[46] Los *Principles of Geology*, de Lyell, empiezan con la siguiente afirmación: "La geología es la ciencia que investiga los cambios sucesivos que han tenido lugar en los reinos orgánicos e inorgánicos de la naturaleza. Investiga las causas de estos cambios y la influencia que han ejercido, modificando la superficie y la estructura externa de nuestro planeta."

que nos indican la disposición de los estratos, en relación con un esquema estratigráfico prestablecido.

Por el contrario, la labor de Hutton no tiene estratigrafía alguna y, por consiguiente, carece de historia. En cambio, es un modelo de un sistema en equilibrio dinámico, con resonancias newtonianas de una relación de fuerzas temporalmente indeterminada. En este aspecto, muy fundamental, el sistema de Hutton no rivalizó con el de Werner ni tampoco lo remplazó.[47] En realidad, la *Theory of the Earth* de Hutton, obra clásica monumental, sin duda alguna tiene un cierto aire anticuado para el lector moderno y no solamente por el lenguaje utilizado.

En mi opinión, la razón principal de que la controversia neptunista-plutonista desapareciera tan rápidamente en los primeros años del siglo XIX es porque se desarrolló una nueva y maravillosa técnica de investigación: la correlación estratigráfica gracias a los fósiles. La importancia de la obra precursora de Cuvier y Brongniart (que siempre reconocieron su deuda para con Werner) en la cuenca de París, y más especialmente la de William Smith en Inglaterra, no pueden infravalorarse. Más que ninguna otra cosa, esta labor puso los cimientos de la geología moderna al permitir establecer una cronología relativa, válida, que podía utilizarse en todo el mundo.

Ni los wernerianos ni los huttonianos estaban muy interesados por los fósiles, y desde luego no había indicios de que apreciaran su importancia estratigráfica. Después de dos décadas de activa investigación, influida por los descubrimientos de aquellos precursores, el esquema estratigráfico werneriano se desplomó por completo. Terrenos del "Primitivo", en los Alpes, en estratos muy inclinados respecto de la horizontal y enormemente metamorfizados, contenían fósiles que indicaban que eran más recientes que los estratos no metamorfizados y en disposición horizontal de otros puntos. Las formaciones "universales" de Werner resultaron ser cualquier cosa menos universales.

La aplicación de los principios de Smith a los terrenos de Transición tan complejos y oscuros, permitieron a Murchison y a Sedgwick comenzar a desentrañar sus secretos.

En términos generales, todo el sistema de investigación geológica cambió rápidamente y se buscaron soluciones a los nuevos problemas que surgían. Una gran parte del esfuerzo investigador de las generaciones anteriores empezó casi a desvalorizarse en cuanto a los intereses de las nuevas. Una de las consecuencias principales de la importancia biológica e histórica de los fósiles fue la aparición de una nueva controversia cuya importancia para la geología fue tan profunda y amplia que sus ecos se oyen todavía actualmente.

[47] Von Engelhardt, W., en *Fortschritte der Mineralogie,* 60 (1892), 21, sostiene que el neptunismo y el plutonismo representan las raíces históricas de dos ramas separadas de la geociencia. La primera, que es anterior a Werner, se desarrolló en la geología histórica, que estaba compuesta por las disciplinas de estratigrafía, paleontología y paleogeografía, mientras que el plutonismo marca el origen del enfoque geodinámico que encierra la comprensión de los procesos que tratan de la base fisicoquímica de los fenómenos naturales.

CAPÍTULO 9

THE BUFFON-LINNAEUS CONTROVERSY

Phillip R. Sloan[1*]

Buffon's attack on Linnaeus and Linnean taxonomy in the *Historie naturelle, générale et particuliére* has been interpreted by a long line of historians of biology as an unfortunate and basically misconceived criticism of the taxonomic reforms which served to free biology in the eighteenth century from the chaos of conflicting systems and nomenclatures that had characterized the early part of the century. Buffon's polemic has variously been considered to be an advocacy of an untenable taxonomic nominalism, a reflection of personal jealousy against his initially more famous contemporary, and a contrived and artificial attempt to distinguish his approach to natural history from that of the great classifier[1]. A persistent line of criticism, initiated by Buffon's contemporary C.G. de Lamoignon de Malesherbes and repeated more recently by such historians as Henri Daudin, has attributed Buffon's attack on taxonomy to an alleged unfamiliarity with the subject matter of zoology and botany when he gained the post of director of the Jardin du Roi.[2] Even to his successor in French biology somewhat

* Program in the History and Philosophy of Science, and General Program of Liberal Studies, University of Notre Dame. Notre Dame, Indiana 46556.

Revised from a paper delivered at the History of Science Society meeting, Dec. 30, 1972. This research was supported by a National Science Foundation Grant, GS-33728. I wish to express my appreciation for the criticisms of several friends and colleagues of earlier drafts of this essay: I have particularly profited from the criticisms of Drs. Rodney W. Kilcup, Thomas L. Hankins, Paul L. Farber, John Lyon and Keith M. Baker. I would also like to express my appreciation to Professor Lyon for allowing me access to his forthcoming translation and commentary of Buffon's *Premier discours*.

[1] For general comments on the scientific opposition to Buffon on these issues, see D. Mornet: *Les sciences de la nature en France au XVIIIe siècle* (Paris: Colin. 1911), pp. 114-122.

[2] C.G. de Lamoignon de Malesherbes, *Observations de Lamoignon-Malesherbes sur l'Histoire naturelle générale en particulière de Buffon et Daubenton* (Paris: Pougens, 1798). Vol. 1, p. 3, See also H. Daudin, *De Linné à Jussieu: Méthodes de classification et idée de série en botanique et en zoologie* (Paris, Alcan, 926), pp. 119 ff. See also the article "Méthode", *Dictionnaire classique d'histoire naturelle* (Paris: Baudouin, 1826), Vol. X, p. 494. Lesley Hanks' thorough study of Buffon's early scientific career has removed most of the grounds for such assertions (*Buffon avant l'Histoire naturelle*. Paris: Presses Universitaires de France, 1966).

favorably disposed to his biological thought, Buffon's criticisms were seen as representing a brief interlude in the progress of rational systematics, confined in its influence to the circle of biologists associated with the Jardin and quickly dissipating after Buffon's death in 1788.[3]

The rapid historical triumph of the main outlines, if not all the specifics, of Linnean systematics in Parisian biological circles in the last two decades of the century would seem to validate, at least pragmatically, the negative assessments by Buffon's critics. Thoroughly entrenched in provincial biological circles even during the period of Buffon's greatest influence,[4] Linnean systematics were restored to a place of official dominance in Paris at the Revolution with a zeal which carried distinct political overtones.[5] For many, Buffon's opposition to the system which had "become that of all Europe" served only to identify Buffon's taxonomic thought with the regressive dimensions of the *ancien régime*.[6]

Examination of the texts in systematic biology by Parisian biologists even during Buffon's long reign as *intendant* reveals, furthermore, the acceptance of Linnean systematics by the biologists one would expect to find most directly influenced by Buffon's polemic. The monumental *Encyclopédie méthodique*, with zoological sections begun under Daubenton's supervision in 1782, opens with praise of Buffon and states that it will use the *Histoire naturelle* as its model.[7] But, significantly, it adopts even in Daubenton's sections on the quadrupeds and fishes a distribution into classes, orders, genera, and species generally in accord with the latter editions of Linnaeus' *Systema naturae*. Similar adoptions of modified Linnean systematics are found in the other volumes on zoology and botany.

To this body of evidence suggesting the practical success of Linnean taxonomy in Parisian biological circles even during Buffon's lifetime we can add the fact that Buffon himself came to admit after the mid-1760s the grouping of quadrupeds and birds into genera and families. With this he had apparently conceded the

[3] See the comments of Georges Cuvier, *Histoire des sciences naturelles* (Paris: Fortin, Masso, 1843). Vol. IV, p. 164; Étienne Geoffroy St. Hilaire, *Fragments biographiques, précédés d'Etudes sur la vie, les ouvrages et les doctrines de Buffon* (Paris: Pillot, 1838), pp. 30-39; and P. Flourens, *Buffon. Historie de ses travaux et de ses idées* (Paris: Paulin, 1844), Ch. 1.

[4] The development of French Linneanism has recently been discussed by F. Stafleu, *Linnaeus and the Linnaeans: The Spreading of Their Ideas in Systematic Botany*, 1735-1789 (Utrecht: Oosthoek, 1971), Ch. 9.

[5] On the occasionally violent nature of the restoration of Linneanism in Paris at the Revolution see Geoffroy St. Hilaire. *Fragments biographiques*, pp. 34-35. See also H. Daudin. *Cuvier et Lamarck, les classes zoologiques et l'idée de série animale* (1790-1830) (Paris: Alcan, 1926). Vol. I. Ch. 1, and R. Hahn, *The Anatomy of a Scientific Institution* (Berkeley: University of California Press, 1971), pp. 112-114, 179-181.

[6] See critical comments on Daubenton's similar opposition to Linnaeus in *La décade philosophique*, 1795, 4:355-357 (unsigned).

[7] L. J. M. Daubenton, "Introduction", *Histoire naturelle des animaux*, of *Encyclopédie Méthodique* (series *Histoire naturelle*) (Paris: Panckoucke, 1782). Vol. 1. pp. ix.

central point in his original polemic against Linnaeus based on the claim that the *Histoire naturelle* would recognize no groupings but species.[8] To all appearances, Buffon's critique had failed not only to gain the support of other naturalists but had even proved untenable to Buffon himself when he was actually confronted with the empirical data of natural history.

The intent of the paper is to suggest, however, an alternative interpretation of Buffon's attack on Linnaeus which, if accepted, indicates that his point was largely misread and misinterpreted by his contemporaries and successors. I shall argue that Buffon's argument is to be understood primarily in terms of a broader philosophical issue raised for Enlightenment science and philosophy by Locke's empiricist epistemology, and that Buffon's attack on taxonomy is to be interpreted in light of his attempt to grapple with this issue. My general conclusion will be that a highly conservative estimate of the degree of development or alteration of Buffon's basic taxonomic thought is to be presumed, and I will argue that a consistent methodological position is to be discerned throughout the *Histoire naturelle*.

II

The opening of the controversy between Buffon and Linnaeus dates from early 1744 when Buffon delivered to a *séance* of the Académie a preliminary version of what was to be the *Premier discours* opening the first volume of the *Histoire naturelle*.[9] By the time of the actual publication of his arguments in 1749, Buffon was taking on a formidable adversary. By this date, Linnean systematics were sweeping European and English biological circles, with deep inroads even into French biology, in spite of the powerful influence of Joseph Pitton de Tournefon.[10] All Linnaeus' main taxonomic treatises, with the exception of the *Species plantarum*, had been published or were in press by this date, with the *Systema naturae* in its seventh edition. Under the guidance of Bernard de Jussieu, the second edition of Linnaeus' *Genera plantarum* and the fourth edition of the *Systema* had been published at Paris within the decade, gi-

[8] As Buffon writes at the opening of the *Natural History of the Birds:* "j'ai cru devoir me former un plan différent pour l'histoire des oiseaux de celui que je me suis proposé... pour l'histoire des quadrupèdes; au lieu de traiter les oiseaux... par espèces distinctes et séparées, je les réunirai plusiers ensemble sous un même genre...," "Plan de l'ouvrage", *Histoire naturelle des oiseaux* (Paris: Imprimerie royale, 1770) in *Oeuvres complètes de Buffon*, ed. J. L. de Lanessan (Paris: Pilon, 1884), vol. V, p. 10. For interpretations of the significance of this apparent change of position see F. C. Levrault, "Introduction", *Dictionnaire des sciences naturelles* (Paris/Strasbourg: Levrault, 1816), vol. L, p. xxxiii; G. Cuvier, "Buffon", *Biographie universelle*, quoted in Flourens, *Buffon*, p. 16; and Daudin, *De Linné à Jussieu*, p. 143.

[9] See letter to Jean Jallabert, Aug. 2, 1745, quoted in *Oeuvres philosophiques de Buffon*, ed. Piveteau (Paris: Presses Universitaires de France, 1954), p. VIII. See also letter from Abraham Baeck to Linnaeus, cited below, n. 23.

[10] Stafleu, *Linnaeus and the Linnaeans*, Ch. 9.

ving French equivalents of Linnaeus' latin names and supplying powerful impetus to the growth of French Linneanism.

Opposition was, to be sure, nothing new to Linnaeus. From the start, his systematics had met resistance from adherents to well-entrenched competing taxonomic systems, particularly those of Ray, Rivinus, and Tournefort in botany. In zoology, his classifications had been subjected to a detailed set of point-by-point criticisms by the Dantzig naturalist Johann Klein in 1743.[11] But with certain irrelevant exceptions,[12] the controversies of Linnaeus with his opponents and those between other taxonomists of the period were largely disputes concerning specific issues within taxonomic science, and they took place within the framework of certain common philosophical assumptions about the existence of intelligible natural order and the possibility of some kind of logical systematization of this order in the so-called natural system.[13]

Buffon's opposition to Linnaeus was of an entirely different order. Rather than dealing with specific taxonomic issues, it concentrated instead on a general philosophical critique of the root assumptions underlying virtually all the taxonomic work of the time. In setting out in the *Premier discours* the basic principles which were to guide the *Histoire naturelle* in its exhaustive survey of the three kingdoms, Buffon grounded his criticisms of taxonomy in general, and of Linnean systematics in particular, on three interrelated arguments which served, in his view, to subvert the whole Linnean approach to nature.

His first line of argument was the claim that all systematic arrangements of organisms by essential characters into a hierarchy of classes give not the order of nature, as Linnaeus presumed, but only an arbitrary order imposed by the mind: "This manner of thinking has made us imagine an infinity of false relationships between natural beings… It is to impose on the reality of the Creator's works the abstractions of our mind…"[14] Linnaeus' classification of the quadrupeds in the first five editions of the *Systema* is subjected to a particular criticism on this point. His five orders defined by resemblances on presumably essential characters drawn from the feet, teeth, and mammaries united these animals into what Buffon considered to be totally arbitrary groups, doing violence to a multitude of

[11] J. T. Klein, *Summa dubiorum circa classes quadrupedum et amphiborum in C. Linnaei systematic naturae* (Dantzig: Schreiber. 1743; French ed., Paris: Bauche, 1754).

[12] E.g., the opposition of Johann Siegesbeck in 1737 over the alleged immorality of the sexo system of plain classification.

[13] Some earlier philosophical criticisms of traditional taxonomic science drawn from empiric premises had been raised by John Ray in his last works (see my paper "John Locke, John R. and the Problem of the Natural System," *Journal of the History of Biology*, 1972, 5:1-53). By the 1740s, however, the effect of Ray's critique appears to have dissipated as far as working botanical and zoological systematics are concerned, and I have been unable to locate any concrete connect between the arguments of Ray and those of Buffon.

[14] Buffon, *Premier discours de la manière d'étudier et de traiter H'istoire naturelle* (*Histoire naturelle*, 1749; *Oeuvres philosophiques*, pp. 9a-b).

other points of similarity and difference which might justify wholly different delimitations and divisions.[15]

Furthermore, for Buffon, Linnaeus' defect was not seen as simply one of incorrect choice of essential defining criteria, as Klein had argued in his earlier criticisms. For Buffon, it was a more fundamental philosophical error, arguing that a hierarchy of abstract concepts could apply to a world containing only concrete individuals: "The more one increases the number of divisions in natural things, the closer one will approach the truth, since there actually exist in nature only individuals, and the Genera, Orders and Classes exist only in our imagination."[16]

To reinforce this latter assertion, Buffon then appealed to a metaphysical argument. Not only does nature consist only of individuals, but also there is no possibility of delimiting these into unequivocally definable groups because of the unbroken continuum of the natural world:

> One can descend by almost insensible degrees from the most perfect creature [man] to the most disorganized matter… It will be seen that these imperceptible gradations are the great work of Nature; one will find such gradations not only in size and form, but also in the motions, the generation and the succession of each species… It will clearly be perceived that it is impossible to give a general classification, a perfect systematic arrangement, not only for Natural History as a whole, but even for a single one of its branches.[17]

Buffon's third line of argument, and the one most incomprehensible to his contemporary systematists, was epistemological in character. Arguing that all man's knowledge is knowledge of and through relations and not of real essences or essential causes,[18] Buffon reasons that the most "natural" order that could be followed for arranging the animals in the *Histoire naturelle* is in terms of their degree of relation to man:

> One judges the objects of Natural History in terms of the relations they have with him. Those which are the most necessary and useful to him will take the first rank. For example, he will give preference in the order of animals to the horse, the dog and the cow… Then he will concern himself with those which, while not so familiar to him, [still] inhabit the same locales and the same climates, like the deer, rabbit and all the wild animals… It will be the same for the fishes, the birds, the insects, the testaceans and all the other productions of Nature; [man] will study them in proportion to the use that he can make of them. […]

[15] *Ibid.*, pp. 19a-b.
[16] *Ibid.*, pp. 19a.
[17] *Ibid.*, pp. 10a-b.
[18] *Ibid.*, p. 14b. See also the even more explicit statements in *Essai d'arithmétique morale* (*Historie naturelle*, supplément. IV, 1777; *Oeuvres philosophiques*, esp. pp. 475-476). Most commentators on this treatise are, at least in part, from the 1740s. See Hanks, *Buffon*, pp. 42, 117n.

> This most natural order of all, is the one we have decided should be followed…; and we believe that this simple and natural means… is preferable to the most highly refined and elaborated taxonomic methods because none of these is not more arbitrary than our own.[19]

These three lines of argument, reappearing at numerous points in the *Histoire naturelle*, confronted taxonomic biology with the most explicit and well-developed critique it had encountered since the sixteenth century.[20] Certain of the specifics of Buffon's argument —such as the proposal to substitute utilitarian classifications for a rational ordering of organisms into a hierarchy of species and genera— seemed to be nothing but the advocacy of a return to the groupings of herdsman and farmer.[21] Buffon's elaborate praise in the *Premier discours* of the unsystematic treatment of animals by Aristotle and Pliny in contrast to Linnaeus was seen by contemporaries as a virtual denial of any advancement in science over that of the ancients.[22] And the apparent claims that species and genera are, in a negative sense, mere "figments" of the imagination arbitrarily imposed on an unbroken continuum of individuals, suggested complete skepticism about the possibility of any kind of classificatory science.

By raising an attack at such a fundamental level of argument, concerning himself with specific taxonomic issues only within the context of radical critique of the philosophical foundations of taxonomy, Buffon offered challenge which his opponents for the most part were unable to answer except by silence and ridicule. Linnaeus, whose long-standing policy was never engage in public controversy with his opponents, made no public acknowledgment of Buffon's criticisms (other than naming the noxious-smelling Buffon after him in 1748) and proceeded with his systematization of nature as if Buffon had never existed, apparently deeming sufficient the reply given by all his opponents in 1748 that if his methods "do not displease the Divine teacher of true method, I will welcome the fables of actors and the barkings of dogs, with tranquillity of soul."[23] Other

[19] Buffon, *Premier discours* (*Oeuvres philosophiques*, pp. 17a-b).

[20] Buffon's polemic against the imposition of arbitrary genera, order, and classes upon nature is encountered in such contexts as the article on the ass (*Histoire naturelle*, IV, 1753), the carnivore animals (VII, 1758), the mouflon (XI, 1764), the giraffe (XIII, 1765), the nomenclature of apes (XIV, 1766), and the article on the cuckoo by Buffon's collaborator Gueneau de Montbeill (XXI, 1779). The appeal to the continuity of nature as a basis for attacking Linnaeus is made in the articles on the pig (V, 1755), the mouflon, the seals (XIII, 1765), the nomenclature of the apes, and the flightless birds (XVI. 1770).

[21] See J. L. Lignac, *Lettres à un Ameriquain sur l'Histoire naturelle… de Buffon* (2nd ed., Hamburg/Paris: Duchesne, 1756), vol. II, pp. 180-181.

[22] *Ibid.*, pp. 184-185.

[23] "*Ad lectori*", *Systema naturae* (6th ed., Stockholm: Kiesewetteri, 1748). The greatly expanded section on the quadrupeds of the tenth edition of the *Systema* (Stockholm, 1758) fails even to mention the work of Buffon and Daubenton and repeats the claim of previous editions that "method is the

taxonomists responded either by simply restating the claims of taxonomic science to be at least on the road to the discovery of the divinely ordained order of nature[24] or else by a pragmatic appeal to the absolute necessity of taxonomic systematization for dealing with the natural world.[25] Both replies, however, served only to beg Buffon's questions.

For the more philosophically perceptive, Buffon's arguments were seen as attack not on Linnaeus and taxonomy but on all rational science and all human knowledge. Lord Monboddo, writing to Linnaeus in the late 1760s, states well what many considered to be the real consequence of Buffon's critique:

> Buffon… though he has written many excellent things on natural history, in one point has wandered materially from the truth. He not merely withholds his approbation of your classes and their subdivisions, but has even presumed to treat them with ridicule. Yet those who have merely made themselves acquainted with the first rudiments of philosophy, cannot possibly be ignorant that a distribution into genera and species is the foundation of all human knowledge and that to be acquainted with an individual… is neither art nor science. Buffon therefore is not your adversary so much as he is at once the enemy of all philosophy and of all human knowledge.[26]

And, as many of his contemporaries read the situation, standing behind the "untenable pyrrhonism" of Buffon's arguments as the real culprit were "the doctrines of Mr. Locke."[27]

III

That many of Buffon's contemporaries saw his attack on Linnaeus as an attempt to introduce Locke's philosophical skepticism in an explicit and concrete way into systematic biology has served to categorize Buffon, and particularly the Buffon of the *Premier discours*, as a philosophical disciple of Locke.[28] On this reading, or at least

very soul of science" ("Imperium naturae", *Systema naturae*, 10th ed.; Reprint, London: British Museum, 1939, vol. I, p. 7). Linnaeus was aware of Buffon's attack upon his systematics by early 1744. See the letter to Linnaeus from Abraham Baeck, May 1, 1744, in *Bref och skrifvelser*, ed. T. M. Fries (Series I) Del. IV, p. 20. I wish to acknowledge the kind help of Mrs. Ingrid Swanberg of the Hum Botanical Library for supplying translations from the Swedish of this and other pertinent letters to Linnaeus.

[24] As appears to be the answer of the French Linnean J. E. Gilibert. See his free translation of the thirteenth edition of the *Systema as Abrégé du systeme de la nature de Linné: Histoire des mammaires* (Lyon: Matheron, 1802), pp. 14, 19.

[25] See, e.g., E. L. Geoffroy, *Histoire abrégée des insectes* (nouv. ed., Paris: Delalain, 1800), vol. I, pp. x-xii (1st ed., Paris, 1762).

[26] Undated (but after 1766) letter to Linnaeus in J. E. Smith, *A Selection of the Correspondence of Linnaeus and Other Naturalists* (London: Longman, 1821), vol. 1, pp. 555.

[27] Lignac, *Lettres à un Ameriquain*, vol. II, pp. 38, 58; see a similar assessment by Malesherbes, *Observations*, pp. 27-28.

[28] See A. O. Lovejoy, *The Great Chain of Being,* New York: Harper, 1960, pp, 229-231. Hanks

one similar to it, rests the evidence that Buffon's philosophical and taxonomic thought undergoes a significant evolution in the course of the writing of the *Histoire naturelle*, an evolution which has Buffon moving from an original "nominalist" approach to taxonomy to a subsequent acceptance of the "reality" of species and eventually of genera and families.

In terms of this presumed evolution of thought, Buffon is seen as making a major concession to Linnean systematics, a key step in his supposed development toward a proto-transformist conclusion.[29]

A certain plausibility to this historical interpretation must be granted. From the middle of the 1690s Locke's highly influential *Essay Concerning Human Understanding* had provided a philosophical basis for a radical critique of the Aristotelian theory of universals and, by implication, of the taxonomic biology that had developed on this foundation since Cesalpino.[30] The unmistakable impact of Locke's theory of universals on the classificatory philosophy of certain other intellectuals of the early Enlightenment, even before Buffon's *Premier discours*, provided a backdrop against which Buffon's own comments on Linnean taxonomy could be read.[31] Buffon's statement on the graded scale of creatures in the *Premier discours* is similar enough to passages in Locke's *Essay* to appear almost a paraphrase.[32] His divorce of mathematics

(Buffon, pp. 225 ff.) also regards Buffon as beginning from a basically Lockean epistemological position. Although I have found no reference to Locke in any of Buffon's writings, evidence of his allegiance to at least certain fundamentals of Locke's empiricism, such as the causal theory perception, the distinction of simple and complex ideas, and the empirical origin of all knowledge, it is readily encountered in Buffon's writings. See esp. *Histoire générale des animaux* (*Histoire naturelle*, II, 1749; *Oeuvres philosophiques*, pp. 257b-258a). Inasmuch as Buffon clearly seems to have arrived at his fundamental philosophical premises by the early 1740s, the comparison of Buffon with Locke, rather than Condillac, would seem most meaningful. On several key issues separating Condillac's philosophy from that of Locke, Buffon's ideas clearly show greater affinity to the latter.

29 See, e.g., J. Roger, *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIII e siècle* (2nd ed, Paris: Colin, 1971), esp. pp. 566-577; A. O. Lovejoy, "Buffon and the Problem of Species in Forerunners of Darwin": 1745-1859, ed. B. Glass, O. Temkin, and W. L Strauss (Baltimore, Johns Hopkins Press, 1959), pp. 84-113; and J. S. Wilkie, "The Idea of Evolution in the Writing of Buffon." *Annals of Science*, 1956, 12:48-60. Wilkie is, however, somewhat less inclined to see much change in Buffon's position between 1749 and 1753. I had previously argued for marked change in Buffon's thought in my unpublished dissertation ("The History of the Concept of Biological Species in the Seventeenth and Eighteenth Centuries…", University of California, San Diego, 1970). As should be evident, I now reject this conclusion.

30 Sloan, "John Locke… ."

31 See B. le Bovier de Fontenelle, "Éloge de M. de Tournefort" in *Éloges des académiciens* (1740), (reprint, Brussels: Culture et Civilisation, 1969), vol. I. pp. 177-178, and remarks in E. Callor *La philosophie de la vie au XVIIIe siècle* (Paris: Rivière, 1965), pp. 38-39. See also Malesherbes, *Observations*, p. 34.

32 Buffon's passage should be compared with the French of Locke's *Essay* III. vi. 12 (*Essay philosophique concernant l'entendement humain*, p. 360 in Amsterdam ed. of 1734). While it is often presumed that Buffon is taking this idea from Leibniz, there are chronological difficulties which make Locke the more probable source. Malesherbes (*Ob-*

from natural history, a point many of his contemporaries interpreted as prime evidence of his philosophical pyrrhonism, bears similarity to certain conclusions of Locke.[33] Buffon apparent relativizing of the classificatory order to one in keeping with man's interest and utilitarian concerns could readily be compared with arguments of Locke.[34]

The intellectual and philosophical affinity between Buffon and Locke is, however, a superficial one. Buffon's attack on Linnean taxonomy in the *Premier Discours* represents in fact an attempt to assert a philosophical position which is as much opposed to the skepticism of Locke as it is to the scholastic essentialism of Linnaeus. Furthermore, the points of philosophical divergence of Buffon from a "Lockean" philosophical position provide the key to understanding Buffon's general philosophical and also more concrete biological thought. The key to the issue I interpret to lie in Buffon's enigmatic comments on truth and certitude that occupy a prominent place in the *Premier discours*.

A philosophical difficulty over the problem of truth and certitude in science, and in philosophical reasoning in general, was a direct outcome of the empiricist epistemology which Locke, to be sure, did not invent but to which he gave it's most influential and well-developed expression.[35] In most general terms, the problem was implicit in the curious wedding of the empiricism of Aristotle, Hobbes, and Gassendi with the dualism of Descartes. Out of this combination arose an epistemology which may have been fruitful for experimental sciences but which also had latent within it a deep and even corrosive epistemological skepticism which Hume would simply draw out to its logical consequences.[36]

---

servations, p. 34) evidently sees Buffon's statement as based upon Locke's *Essay* and not on Leibniz.

[33] *Premier discours* (*Oeuvres philosophiques*. p. 25b). Cf Locke, *An Essay Concerning Human Understanding*, ed. A. C. Fraser (New York: Dover, 1959), Vol. II, pp. 222-223 (IV. iii. 29-30). On Buffon's claims, see Lignac, *Lettres à un Ameriquain*, vol. II, esp. "8e Lettre." See also review of the first volumes of the *Histoire naturelle* in *Nouvelles Ecclésiastiques*. Feb. 6, 1750, p. 22, and proposition 6 extracted by the Sorbonne theologians in their censure of the *Histoire naturelle* of 1751 (*Oeuvres philosophiques*, p. 107). On the controversy generated by Buffon on this issue, see T. L Hankins, *Jean D'Alembert: Science and the Enlightenment* (Oxford: Clarendon, 1970), pp. 76-77, 87-89.

[34] See the final quote of Sec. III below.

[35] See the valuable discussion of F. Duchesneau. *L'empirisme de Locke* (The Hague: Nijhoff, 1973). Ch. 4. H. G. Van Leeuwen's important study should also be consulted for the general background of my argument: *The Problem of Certainty in English Thought*: *1630-1690* (The Hague: Nijhoff, 1963).

[36] I find it difficult to accept the conclusion that Locke's epistemological premises support optimistic rather than pessimistic conclusions about scientific knowledge even if Locke and many English scientists did not draw skeptical conclusions from empiricism themselves. On the continent, the wedding of Locke, Newton, and Gassendi supplied for many the foundation for an almost pyrrhonist philosophy of science which insisted that scientific knowledge reached no deeper than purely phenomenal relations. See on this P. Brunet, *Les physiciens hollandais et la méthode experiméntale en France au XVIIIe siècle* (Paris: Blanchard, 1926), Ch. 1; and Roger, *Les sciences de*

As the philosopher who had in many respects codified the empiricist philosophy for the Enlightenment, Locke's own reflections on philosophical certitude set the stage for much of the subsequent discussion of the problem. In the *Essay,* he had placed the highest degree of certainty in human knowledge in the mind's immediate intuition of ideas: "Thus the mind perceives that *white* is not *black*, that a *circle* is not a *triangle*, that *three* are more than *two* and equal to *one and two*. Such kinds of truths the mind perceives at the first sight of the ideas together, by bare intuition…: and this kind of knowledge is the clearest and most certain that human frailty is capable of."[37]

Locke, however, denied the "Cartesian" assumption that the intuitive certitude of such "clear and distinct" ideas could then flow undiminished through subsequent reasonings and combinations of these ideas. Discursive or demonstrative reasoning—what Locke designated by the term "mathematical" knowledge—gave a kind of *formal* certainty, but inasmuch as this represented a process of abstraction away from the most immediately known ideas, it also represented a weakening of the degree of rational certainty in such knowledge. Such reasoning necessarily relied upon the memory and the indirect linkage of premises to conclusions, which introduced an ineradicable, if still slight, degree of uncertainty in knowledge.[38]

Locke's crucial conclusion, as far as empirical science was concerned, emerged when he discussed the relation of synthetic and deductive rational thought to the empirical world. For Locke, a Cartesian-like divine guarantee insuring some connection between the mind, confined to the knowledge of its own contents, and the material world only held at the level of simple ideas and their first-order associations as ideas of particular substances.[39] Further abstractions away from simple ideas, as one formed the ideas of universals or drew conclusions on the relations between empirically experienced particulars, weakened epistemological certainty. Insofar as it was presumed that these abstract relations were not confined solely to the realm of abstract "mathematical" knowledge but were also presumed to refer to *real* relations between existent material things, Locke's conclusion was that we cannot claim to have a genuine species of knowledge at all. Certitude in this case reaches only to the level of probability, engendering corresponding levels of *faith*.[40] Locke was in effect denying the

la vie, pp. 184-206. This point is also developed in the excellent discussion by Keith M. Baker in *Condorcet: From Natural Philosophy to Social Mathematics* (Chicago: University of Chicago Press, 1975), Chs. 2, 3. I wish to express my appreciation to Professor Baker for permission to see his discussion in manuscript prior to publication.

[37] Locke, *Essay* IV. ii. (Fraser ed., 11. 177).

[38] *Ibid.* IV. ii. 1-7 (Faser ed., II, 178-182).

[39] *Ibid.* IV. iv. 4-5 (Fraser ed., II, 229-230).

[40] Locke does indeed assert immediately following the above passage that we do have "knowledge" of things, but this he explains is because "we intend things no further than as to what are conformable to our ideas" (*ibid.* VI. iv. 5). Thus, he

isomorphism of the deductive relations of clear and distinct ideas with events in the *res extensa*, which for Cartesians had insured the link of mathematics and physics, and which had also in a different way served to ground the essentialist taxonomy of "Cartesian" taxonomists like Tournefort on the natural order.[41] As far as human beings could claim, Locke's arguments implied that the relations presumed and perceived by science were in fact purely phenomenalistic and probabilistic, lacking genuine necessity and causality:[42]

> These two, viz. intuition and demonstration, are the degrees of our *knowledge,* whatsoever comes short of one of these, with what assurance soever embraced is but *faith* or *opinion*, but not knowledge, at least in all general truths. There is, indeed, another perception of the mind, employed about *the particular existence of finite beings without us*, which, going beyond bare probability, and yet not reaching perfectly to either of the foregoing degrees of certainty, passes under the name of [sensitive] knowledge.[43]

From these arguments, Locke drew his radical conclusion that science, in the traditional understanding of the term *scientia*, implying essential knowledge of nature and its real relations, is an epistemological impossibility. Human knowledge of the natural world is *relativized* to man. Man has open to him a kind of experimentalism and scientific empiricism, which Locke concluded is sufficient for human practical and utilitarian concerns but inadequate for any claims to genuine knowledge of nature:

> I deny not but a man, accustomed to rational and regular experiments, shall be able to see further into the nature of bodies, and guess righter at their yet unknown properties, than one that is a stranger to them: but yet… this is but judgment and opinion, not knowledge and certainty… [This] makes me suspect that *natural philosophy is not capable of being made a science…*, Experiments and historical observations we may have, from which we may draw advantages of ease and health, and thereby increase our stock of conveniences for this life; but beyond this I fear that our talents reach not, nor are our faculties, as I guess, able to advance.[44]

---

can claim that mathematical truths gist both "certain and real" knowledge since they concern "real"' mathematical objects—i. e., object conforming to rational archetypes—although none may exist in a metaphysical sense.

[41] Tournefort, e.g., relies on a divine epistemological guarantee and a divinely impressed essence specific character to insure that man's classifications are not purely arbitrary. *Éléments de botanique*, (Paris: Imprimerie royale, 1694), vol. I, pp. 20-21.

[42] *Essay* IV, iii. 29 (Fraser ed., II, 221-223). See also Duchesneau, *L'empirisme de Locke*, pp. 157-164. It should be noted that even when Locke attributes truth and certitude to Newton's laws, he is implying only *mathematical* certitude concerning the relations of ideas (*Essay* IV, vii. 3; Fraser ed., II, 279-80).

[43] *Essay* IV, ii. 14 (Fraser ed., II, 185).

[44] *Ibid.* IV, xii.10 (Fraser ed., II, 349-50).

Locke's skeptical conclusion about the possibility of a genuine classificatory science, which I have discussed elsewhere,[45] is a direct consequence of this skepticism about man's knowledge of the natural world. Inasmuch as the classification of entities into species and genera involves, for Locke, a successive movement away from the immediate ideas of empirically experienced individuals into the domain of abstract universals and mind-constructed "nominal" essences, taxonomic science is reduced to a science of pure abstraction, giving a formal certainty on the level of "demonstrative" knowledge perhaps, but at the price of sacrificing its ontological tie with reality itself.

IV

The inherent epistemological skepticism of Locke's *Essay* was of course only there for those who wished to concern themselves with the implications of the philosophical issues he raised. Many experimental scientists of the eighteenth century, as others have pointed out, could and did take from a "moderate" reading of Locke a philosophical foundation for a nonessentialist, experimental approach to nature which seemed to be in accord with the methodological cannons of Newton.[46] And Linnaeus, as the individual against whom Locke's strictures on human knowledge would seem most potentially destructive, remained committed throughout his taxonomic writings to a pervasive scholastic, essentialism and an almost hermetic conception of scientific knowledge which left him apparently untroubled by such philosophical quibbling.

But it is also evident that the inherent skepticism and ultimate relativization of knowledge that flows from Locke's *Essay* had consequences which were in fact incompatible with the ideals of scientific knowledge endorsed by many Enlightenment *philosophes*, however much they might have paid lip service to "le grand Locke." Descartes had supplied, however defectively in empirical scientific terms, a paradigm of scientific rationality which many of the *philosophes* were not inclined to abandon, even when denying the specifics of Cartesian science and philosophy.[47] The conception of nature sketched out in the *Principia philosophiae* and *Le monde*, encompassing not only an experimental science confined to the immediate present but also a science reaching into the past and including rational cosmology and a developmental history of the earth, had offered an image of science which the cautious empiricism of Newton read through

[45] Sloan, "John Locke…," esp. pp. 21-26.

[46] See M. J. Osler, "John Locke and the Changing Ideal of Scientific Knowledge," *Journal of History of Ideas*, 1970, *31*: 3-16. But see also n. 36 above.

[47] I find myself in general agreement with Aram Vartanian's claim that the "Newton-Locke" influence on the thought of the Enlightenment in contrast to Descartes' has been overstated in many respects. *Diderot and Descartes: A Study of Scientific Naturalism in the Enlightenment* (Princeton: Princeton University Press, 1953), Ch. 1.

the Pyrrho-tinged spectacles of Locke had effectively precluded.[48] Within the confines of Locke's empiricism, to move from the experience of the sensible present into the past was to move always in the direction of increasing uncertainty and probabilism.[49] Given the restrictions which Locke's empiricism placed on knowledge of the immediate present, claims to a "science" of natural history, in its emerging meaning of a *history of nature*, as opposed to its origin meaning of a catalogue of existent creation, would appear untenable.

From the beginning of the *Histoire naturelle,* it is, however, evident that Buffon saw his enterprise to be something other than the supplying of a body descriptive and classificatory fact in the Baconian sense of natural history. His intent was to give a cosmology, an historical geology, and a genetic account of the generation of organisms which implied knowledge claims transcending the empirically given. The philosophical and epistemological character of the *Premier discours* must be read in the light of such concerns. His argument represents a long justification of his enterprise of natural history against the background of an empiricist epistemology which would seem to preclude what science was attempting to construct.

In his discussion of the concepts of truth and certitude, which occupies a prominent place in the *Premier discours*, Buffon makes a crucial distinction between what he perceives, somewhat unintelligibly to his critics, as two different *kinds* of truth.[50] The first, la *vérité mathématique*, is defined by him in terms which are by this date rather traditional.[51] Mathematical truths are truths of definition and concern purely the analytic and deductive relations of ideas:

> There are several kinds of truths, and it is customary to place in first rank mathematical truths. These are, however, only truths of definition. These definitions depend on simple, but abstract, suppositions, and all truths of this kind are always abstract consequences compounded from these definitions... Thus, mathematical truths are only the exact repetitions of the definitions or

[48] See Newton's critical remarks on "World-building" in *Opticks*, Query 31. For many eighteenth-century Newtonians, historical cosmology was rejected as a "Cartesian" error. See the excellent discussion on this in D. C. Kubrin, "Providence and the Mechanical Philosophy: The Creation and Dissolution of the World in Newtonian Thought" (unpublished Ph.D. thesis, Cornell University, 1968), esp. Ch. 11.

[49] See Locke's comments on the declining degrees of probability in our knowledge as it recedes from the sensitive knowledge of particular matters of fact into propositions about history *(Essay,* IV, xvi. 5-12; Fraser ed., II. 374-379). In his further assertion that scientific law itself is based only on regularity within our experience, he would clearly seem to preclude the genetic cosmology and historical geology advocated by Descartes and his intellectual heirs (IV, iii. 29; Fraser ed., II, 222).

[50] See Malesherbes, *Observations*, Vol. I, pp. 183-202.

[51] See A. Arnauld, *La logique ou l'art de penser* (Port Royal Logic) (Paris, 1662; reprint, Stuttgart: Frommann, 1965), Vol. IV, Ch. 12, p. 361.

> suppositions… [They] reduce to the identity of ideas and have no reality.[52]

Such "mathematical" truths give a degree of rational certitude which Buffon designates by the technical use of the term "evidence" and which would generally correspond to the degree of certainty granted "demonstrative" knowledge by Locke.[53]

However, Buffon then contrasts mathematical truth to another level or kind of truth, *la vérité physique*:

> Physical truths, to the contrary, are not arbitrary and do not depend on us. In place of being founded on suppositions which we have made, they are grounded only on facts. *A series of similar facts or… a frequent repetition and uninterrupted succession of the same event* is the essence of physical truth… It is thus only a probability but a probability so great that it is equal to a certitude.[54]

Close attention to Buffon's argument here and in his somewhat more detailed *Treatise on Moral Arithmetic* indicates the nature of Buffon's philosophical divergence from anything like a "Lockean" philosophical position. First of all, Locke would not consider what Buffon has defined as "physical truth" a species of truth at all. Locke's meaning of truth is always a property affirmed or denied of propositions and depends on a correspondence of statements with events or rational archetypes.[55] The puzzlement of virtually all of Buffon's critics over his apparent reification of physical truth is not difficult to understand. He appears to be making it a metaphysical entity which is constituted by a succession of events.

Furthermore, Buffon's distinction of evidence and certitude to denote different levels of rational certainty is again quite unintelligible on Lockean epistemological

[52] *Premier discours* (*Oeuvres philosophiques*, pp. 23b-24a).

[53] Buffon's technical terminology bears certain close resemblances to that used in Willems, *Gravesande's Discours sur l'evidence* (1724), reprinted in his *Éléments de physique demontrez mathematiquement…* (Leyden: Langerak, 1746), vol. I, pp. xi-xviii (Latin ed., Leyden, 1736). See also the *Encyclopédie* "Evidence" and "Certitude" in Chambers Cyclopedia and the article "Certitude" in the *Encyclopédie*, with introductory comments by Diderot. But, whereas Buffon's meaning of "evidence" generally corresponds to that employed by his contemporaries denoting the analytic relation of ideas, his use of "certitude" is significantly different. Chambers, e.g., distinguishes evidence from certitude by claiming that the former applies to the relation the mind perceives between ideas and the latter to a judgment on the degree of conviction that is created by different kinds of evidential support. D'Alembert, in the "Discours préliminaire" to the *Encyclopédie* considers evidence to denote the immediate relations of ideas and certitude the indirect relations "dont la liaison ne peut être connue que par le secours d'un certain nombre d'idées intermediaries", (*Encyclopédie*, vol. 1, 1751, p. xiv). Gravesande's generally concurs with Chambers on the distinction. Buffon's view, however, seems to be that evidence only concerns the arbitrary relations of ideas, whereas certitude is a state of rational conviction created by a succession of similar events.

[54] *Premier discours* (*Oeuvres, philosophiques*, p. 24a; my italics).

[55] Locke, *Essay* IV v. 1-11 (Fraser ed., II, 244-250). See also Malesherbes, *Observations*, pp. 183-202.

grounds. For Locke, what Buffon has called physical truth could only be a kind of phenomenal relation of ideas whose *real* connection could only be known probabilistically and which could only engender at best a high degree of subjective conviction or *faith*, not what Locke would regard as rational certitude. Yet it is clear that Buffon is claiming something much stronger about physical truth than a consistent empiricism would permit. It is in *this* domain and not in that of the abstract and mathematical relations of ideas that Buffon seems to find the highest degree of certitude possible in human knowledge: "In mathematics one makes suppositions; in physics one sets forth and proves. In the former we find definitions, in the latter facts. One proceeds from definition in the abstract sciences but from observation to observation in the sciences of the real. In the former one arrives at evidence, in the latter at certitude."[56]

What Buffon is doing is effectively reversing Locke's conclusions on the relative degree of certitude of mathematical and physical knowledge. Physical truth conceived of as the *successional ordering* of empirical events in series becomes, in Buffon's thought, a veritable ontological foundation for knowledge of the natural world. It gives an objective order that stands apart from any arbitrary and abstract order created by the mind in the domain of mathematical truth.

> The phenomena which are offered each day to our eyes and which *succeed and repeat themselves without interruption and in all cases* are the foundation of our physical knowledge. It is sufficient that an event always happens in the same way for it to be a certitude or truth for us, and all the facts of Nature that we have observed or are able to observe are so many such truths. The number of these we can increase as much as we please by multiplying our observations. Our science is limited here only by the limits of the universe.[57]

What Buffon seems to be maintaining is that real knowledge and rational certitude of the highest degree are grounded on a *parallelism* between a proper ordering of ideas and the real succession of events. As

[56] *Premier discours* (*Oeuvres philosophiques*, p. 24a). It should be observed that Buffon's argument against the application of mathematics in the "sciences of the real" thus means something different than an advocacy of pyrrhonism. In his reply to the Sorbonne, Buffon states not denying the existence of truth but only claiming that there are "vérités éternelles" which are different from the "vérités de definition" of mathematics (*ibid.*, p. 108a). Buffon's contrast of the certainty of the "real" versus the purely definitional certitude of the "abstract" sciences predates the *Histoire naturelle* and can be discerned in his early rejection of the concept of the actual infinite in mathematics. It also plays a role in his controversy with Clairaut on the formulation of Newton's inverse square law (see Hanks. *Buffon*, pp. 112-126). In both, Buffon argues against granting reality to abstractions, insisting instead that concepts should only be relations and successions of real entities. See also his definition of "number" in his prologue to his translation of Newton's *Fluxions* (1740) (*Oeuvres philosophiques*, p. 449a).

[57] *Premier, discours* (*Oeuvres, philosophiques*, p. 25a; my italics).

he writes in the opening discourse of the second volume of the *Histoire naturelle*:

> This order of ideas, this sequence of thoughts which exists within ourselves although very different from the objects which cause them, is nonetheless a most real impression [*l'affection la plus réele*] upon us and gives us relations to exterior objects which we can look upon as real relations since they are *invariant and always constant* relative to ourselves. Thus we cannot doubt that the differences or resemblances that we perceive between objects are *certain and real* differences and resemblances in the order of our existence with reference to these same objects.[58]

The idea being expressed here, if we must find a source, is Leibnizian not Lockean. It resembles in many respects Leibniz' discussion at the opening of the *Theodicée* wherein he asserts a similar parallelism to exist because of the pre-established harmony between the order of phenomena and an underlying *necessité physique* of events established by God.[59] In Buffon's hands, a similar concept is now providing him with a philosophical foundation by which he can now claim to *escape from* the abstract relations of ideas, mathematical certitude, and the probabilism of empirical knowledge which Locke's epistemology entailed.

V

As Buffon can be observed to apply these philosophical premises to the concrete biological and taxonomic issues which are involved in his attack on Linnaeus, we observe a recurrent emphasis on the distinction between abstract and real relations of organisms which corresponds precisely to his distinction between mathematical and physical truth. A "natural history" which is to achieve any degree of *certitude physique* must be one based on an understanding of organisms in terms of their real relations:

> [Natural] History must follow upon description and must solely center [*rouler*] upon the relations which natural things

[58] *Historie générale des animaux* (*Historie naturelle*, II, 1749; *Oeuvres philosophiques*, p. 234a, my italics).

[59] G. W. Leibniz. "Discours de la conformité de la foi avec la raison," *Essais de Theodicée*, ed., Amsterdam: Changuion, 1734), pp. 2-3. Leibniz is distinguishing the *necessité geometrique* of logic, metaphysics, and geometry from the *necessité physique* of the truths of contingent letters of a necessity flowing from the determinate order of phenomena given nature by God. The foundation of rational truth in this realm of contingent fact thus conceived by Leibniz, almost exact conformity with the conclusions of Buffon, as the correspondence of the sucession ideas with the determinate order of contingent phenomena. As he writes the *Nouveau essays*, opposition to Locke's conception of truth: "le fondement de la vérité des choses contingentes singulières est dans le succés, qui fait les phenomènes des sens sont lies justement comme les lies intelligibles le demandent". G. W. Leibniz, *Philosophische Schriften* (Berlin: Akadeime Verlag, 2), Vol VI, p. 392. Analysis of Buffon's enigmatic relations to Leibniz lies outside the bounds of this essay.

have between themselves and with us: the history of an animal must not be the history of the individual but that of the whole species; it must treat their generation…, the number of their young, the care by their parents…, their place of habitation, their food…, and finally the services they can render us…[60]

The error of the taxonomists does not thus lie in their assumption that here is some intelligible natural order or in their conclusion that a nonarbitrary arrangement of natural creatures can be made by man. Rather, their error is their failure to see the crucial difference between the arbitrary relations they have imposed upon nature, by considering the purely logical relations concepts in the domain of *la vérité mathématique*, and the real and concrete elations of organisms which hold at the level of *la vérité physique*. Thus Linnaeus and his followers "fail to see that this means of knowing is not a science and at most is only a convention, an arbitrary language, a means of understanding but from which can result no real knowledge [*connoissance réele*]."[61]

The real affinities of organisms that lie at the level of physical truth, however, is not to be found in the linking of abstractions in a classificatory hierarchy but rather in an understanding of their real—that is, relational and succession—connection. Thus, we find Buffon proposing, within the context of what could seem to be a purely nominalistic critique of the whole taxonomic enterprise, an alternative approach to a classification which he argues will draw nearer to a genuine natural system:

> It seems to me that the only way to make an informative and natural classification [*méthode*] is to place together things which are similar and to separate those which are different. If the individuals show a perfect resemblance to each other or show differences which can only be perceived with difficulty, these individuals will be of the same species but of different genera… This is the methodical order that must be followed in the arrangement of natural productions. Understand, however, that the resemblances and differences are to be taken not simply from one part but from the whole ensemble [of relations] and will take into account the form, the size, the exterior aspect, the number and position of the different parts, and the very substance of the thing itself.[62]

Attention to these fundamental philosophical considerations in Buffon's argument

[60] *Premier discours* (*Oeuvres philosophiques*, pp. 16a-b).

[61] *Ibid*, pp. 11a-b. This quote is part of a long rhetorical question.

[62] Ibid., pp. 13a-b. See also *Histoire générale des animaux* (*Histoire naturelle*, II, 1749; *Oeuvres philosophiques*, pp. 234a-b) and *Les animaux carnassiers* (*Histoire naturelle*, VII, 1758; *Oeuvres philosophiques*, pp. 371b-373a.) It should be noted that Buffon means by the whole essay not only relations of structure and morphology but also life history, ecology, and behavior.

gives a basis for examining afresh the subsequent statements he makes in the *Histoire naturelle* on the concepts of species, genera, and families, which have traditionally been assumed to imply a marked evolution in Buffon's taxonomic thought.

In presenting his famous definition of biological species, first encountered at the opening of the second volume of the *Histoire naturelle* in 1749, in its most influential statement in the 1753 article on the ass, Buffon makes creative synthesis of certain ideas current in the biological literature his own innovative philosophical principles, In the best known feature o definition of biological species, the reproductive criterion, Buffon in respects was offering nothing particularly new: a similar criterion had been utilized previously by John Ray and Réné Réaumur.[63] But what was to contemporaries the most puzzling feature of his species concept was the furls claim that what constitutes the "real existence" of the species is "a chain of successive existences of individuals" which "reproduce and interbreed among themselves."[64] Defined as such, species are restricted to the organic realm and preclude Linnaeus' distribution of minerals in the *Systema* into the groupings he had given for organisms:

> Species is an abstract and general term, to which a corresponding object [*chose*] *exists only in considering Nature in the succession of time*, and in the constant destruct and renewal of beings. It is in comparing Nature today to that of previous and existent individuals to those deceased that we can derive a clear idea of what is called a species, and the comparison of the number or the resemblance of individuals is only a subordinate and often independent consideration
>
> It is in the characteristic diversity of the species that the intervals in the grada of Nature are most sensible… This point is the most fixed one we have in Natural History, and all other resemblances and differences that can be from the comparison of creatures are neither *as constant*, as *real* [*réeles*] not *certain* as this one…
>
> With the *species being thus only a constant succession of similar individuals which reproduce themselves*, it is clear that this designation must be applied only to animals and plants, and it is by an abuse of terms that the nomenclators have employed it to designate different kinds of minerals.[65]

From the previous discussion, I believe we can now discern what Buffon intended in his definition of species in these particular terms and what meaning is to be

[63] John Ray, *The Wisdom of God Manifested in the Works of the Creation* (4th ed., London: 1704), p. 22; R. A. F. Réaumur, *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* (Paris: Imprimerie royal, 1736), Vol. II, p. xl.

[64] See Lignac. *Lettres à un Ameriquain*, Vol. VIII, pp. 184-185. See also M. Adanson, *F. des plantes* (Paris: Vincent, 1763), Vol. I, pp. xlx, clxiv.

[65] *De l'asne* (*Histoire naturelle*, IV, 1753; *Oeuvres philosophiques*, p. 3500; my italics). See also *Recognition of species* in *Histoire générale des animaux* (*Histoire naturelle*, II, 1749; *Oeuvres philosophiques*, 328b).

attached to his use of predicates like "real" to the concept of biological species. Buffon's point seems to be that the species he recognizes are not the abstract universals of logic of the taxonomists but are rather systems of concrete relationships between real creatures at the level of physical truth. In defining species as "a constant succession of similar individuals" or as the "main of successive existences of individuals", Buffon has in fact given a definition which satisfies in the biological domain what he has previously defined as the "essence of his physical truth", a frequent repetition and uninterrupted succession of the same event. Thus, rather than introducing a radical departure from the argument of the *Premier discours*, Buffon is simply giving application to his *a priori* principles.

Purely empirical and factual considerations enter significantly into this application of these epistemological principles in deciding the precise nature of the "real" relations holding between organisms. Buffon's argument seems to be that relationships that are merely presumed, in the absence of careful empirical observation, remain purely in the realm of the abstract. This is the error of Linnaeus and his disciples. To claim certitude and knowledge at the level of physical truth demands that relationships be empirically determined, as conform to events, for Buffon, and not events to ideas. And, it is in view of this requirement that the apparent evolution in Buffon's taxonomic thought achieves some coherence.

Buffon's work on the problem of generation, which documents indicate was undertaken in the period between the composition of at least the outlines of the *Premier discours* and the printing of the second volume of the *Histoire naturelle*,[66] has been seen by several commentators as fundamental in supplying boiological thought with a concept of order through his theory of the *moule dérieure*. This has been interpreted quite correctly as underlying Buffon's consequent thought about the nature of biological species.[67] But, I would not include that this experimental work was somehow crucial in bringing about change in Buffon's thought away from a "nominalist" taxonomic philosophy. It has been argued above that Buffon both affirms a conception of a real and knowable order of nature and also seems to be holding to a concept of species in the *Premier discours*.[68] It is, however, a concept based on the only relationships between creatures that

[66] According to his letter to Jean Jallabert of Aug. 2, 1745 (see n. 9 above), the *Premier discours,* at least an early version of it was completed and intended for publication late in 1745, prior the commencement of the writing of his treatise on the problem of generation in 1746 and before the commencement of his actual experimental studies on the problem in 1748. On his studies, see document in *Oeuvres complètes*, XIII, p. 54, and my dissertation, "History of the Concept…" pp. 305, 318.

[67] See Roger, *Les sciences de la vie*, pp, 542-582; Paul L. Farber, "Buffon and the Concept of Species," *J. Hist. Biol.*, 1972, 5:263-275; and Peter J. Bowler. "Bonnet and Buffon: Theories of Generation and the Problem of Species," *J. Hist. Biol*,. 1973. 6:259-281.

[68] It should be observed that in the passage quoted from the *Premier discours* (n. 17 above)Buffon is not claiming that *species* are also to be considered, as arbitrary abstractions of reason.

Buffon apparently was willing to assert with confidence as having a real rather than an abstract foundation at this time –those of similarity and resemblance. While this is in conformity with his requirement that genuine knowledge must rest on an understanding of things in terms of "the combination of all their relations," missing from the concept of species in the *Premier discours* is the idea of *successional* relationship. It is this ingredient in his species concept that his break with the pre-existence theory, and its attendant atomization of biological relationship, appears to have added. Inasmuch as Buffon had apparently broken with the pre-existence theory and also formulated his own theoretical explanation of generation in terms of the *moule intérieure* and *molécules organiques* by 1746, Buffon might quite well have *believed* before 1749 that there was a successional relationship of reproduction which took primacy over relations of resemblance. But, he is apparently only willing to assert this publicly after he had shown this presumed relationship to be not simply abstract but also "physical and real."[69]

A similar methodological and empirical interplay is to be observed in Buffon's subsequent discussion of the concepts of families and genera. Here again, we see Buffon apparently moving from his primary epistemological premises through a stage of empirical observations intended to determine the nature of the "real" relationships holding among animals to a public pronouncement on the "physical and real" nature of the families and genera he now recognizes.

In the article on the ass, Buffon raises for the first time the possibility that organisms showing great anatomical similarities are related as one natural family derived from a single archetype, with lesser families created by Nature and Time. In the discussion, Buffon quite unequivocally rejects the admission of such families into the *Histoire naturelle*, and his later willingness to adopt such groups in the articles after the I760s appears to involve a significant shift in his position. The other possibility has been to see Buffon as really accepting a conclusion other than the one he publically asserts in this article, with fear of possible theological offense leading

[69] Buffon's first unequivocal statement of his "physical" definition of species as a succession of reproducing organisms appears in the opening *discours* to Vol. II (1749) of The *Histoire naturelle* (*Histoire générale des animaux*. *Oeuvres philosophiques*, pp. 233b, 236a). The first five chapters of this *discours* are dated Feb. 6, 1746 (see however, n. 66 above). Buffon's failure to employ this definition in the *Premier discours* could be attributed (a) to a change in position between 1745 and 1746-1748; or (b) to the fact that it was only in 1748 that Buffon actually carried out the experiments to test this theoretical conclusion on reproduction and its attendant consequence for the relations of generation of species. At the conclusion of his 1748 experiments, Buffon was then willing to state that he had proven the essentials of his reproductive theory set out in the opening *discours* of Vol. II "par tant de raisons et de faits, qu'il n'est guère possible d'en douter"; (*Oeuvres complètes*, IV, p. 328), This claimed empirical proof of his theory of generation is a constant feature of Buffon's subsequent dogmatic pronouncements about the "real and certain" nature of species.

him to hide his real conclusion. A careful reading of the language of the text in light of Buffon's epistemological premises gives a somewhat different basis for understanding both the grounds of his rejection and his later move away from this. It seems that Buffon is rejecting the admission of *familles* at this point not because he denies the possibility of the historical and genetic relations between creatures but rather because he has no *empirical* grounds other than resemblance for claiming them to be anything more than "families of reason" which "we have made only to aid our understanding of creatures."[70] Empirical test, which Buffon had undertaken in 1751 to determine the extent of real relation, had proved negative,[71] meaning that such *familles* were confined to the abstract level. But, the issue is purely empirical, and the eventual admission of groups is not precluded by his premises. If such families could be shown to hold empirically –a point which Buffon's experiments seem to have been intended to explore– they could become families at the level of physical truth. This point seems to be made in the hypothetical language used by Buffon to discuss possibility:

> If these *families* were to exist in fact [*effet*], they could only have been formed by the mixture, successive variation, and degeneration of the original species… If it was once proved that these *families* could be rationally established [*établir ces*

[70] *De l'asne* (*Oeuvres philosophiques*, p. 355b). Buffon is using the term *famille* throughout the discussion in this article in what appears to be a precise sense, and he repeatedly italicizes the term, as if to emphasize this. It should be observed that Buffon's conception here of a *famille* as meaning a group united by common genealogical descent is almost unique in the taxonomic literature of the period. Klein, e.g., had employed *familles* purely as a subdivision of Linnaeus's *order* and had given the concept no genealogical connotation (J. T. Klein, *Historia avium prodromus,* Lubeck: Schmidt, 1750: *Système naturel du régne animal par classes, familles ou ordres, genres et espèces*, Paris: Bauche, 1754). Buffon's genealogical connotation was in fact seen by his contemporaries as an unwarranted departure from tradition. See Lignac, *Letters à un Ameriquain*, vol. VIII, p. 195; and Malesherbes, *Observations*, vol. I, p. 9. My investigation of the prior uses of the concept of family in taxonomy indicates that only Pierre Magnol had used the concept with a genealogical connotation previously (*Prodromus historiae generalis plantarum in quo familiae plantarum per tabulas disponuntur*, Montpellier: Pech, 1689, "praefatio"). Apart from Buffon's usage, a purely nongenealogical use persists in French taxonomic literature well into the nineteenth century. See "Famille", in *Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle* (Paris: Deterville, 1817), Vol. XII, p. 51; "Famille", *Dictionnaire raisonné universel d'histoire naturelle*. ed. Valmont-Bomare (new ed., Lyon: Bruyset, 1800?, Vol. V, p. 260.

[71] Buffon reports that his interbreeding experiments were begun in 1751 and continued sporadically through the next decades. (See Farber, "Buffon", pp. 268-269.) I would suggest that Buffon's interest in such experiments at this time, only two years after he had given his first public announcement of his physical definition of species, indicates his interest in exploring the extent of such real relation. As early as 1750, he was contemplating a *traité sur les mulets*, which was originally planned for publication in the summer of 1750 (see letter to Des Ruffey, Feb. 14, 1950 in *Oeuvres compètes*. Vol. XIII, p. 63). Whether this bears any close affinity to his 1776 dissertation on mules is unknown.

> *familles avec raison*]…, there would not be several species, but, I might say, only one…, and it would not be too farfetched to suppose that a single creature had been able to give rise in time to all the other organized beings.[72]

This line of thought receives its fullest discussion and development in Buffon's remark on the concept of *genre*, which he typically treats as a synonym of *famille* in the *Histoire naturelle*. As in the case of his remarks on families in the article on the ass, Buffon at first refused to recognize such grouping as much as they were simply "entities of reason."[73] With the progress of his empirical studies, however, he had by the mid–1760s reached a point where he felt he could assert a transition from abstract genera to real genera, comprising groups related by common descent.[74] As he writes in the article on the Sardinian wild sheep: "Just as it has appeared necessary to us, in writing the history of the wild animals, to consider them in themselves, one by one and independent of any genus, we believe, to the contrary, that it is necessary to adopt and extend the genera in domestic animals."[75] Although some have seen in such statements from these later articles a significant concession to Linnaeus and Linnean taxonomy, the article repeats the substance of the original polemic against Linnaeus in the *Premier discours*, accusing the taxonomists once again of the primary error of confusing arbitrary genera as entities of reason with physical and real genera. The latter he is quite consciously attempting to differentiate from the former:

> In nature, there exist only individuals and successions [suites] of individual i.e., species… But we have altered, modified and changed the species of domestic animals. We have thereby made physical and real genera, very different from those metaphysical and arbitrary genera existing only as ideas. These physical genera are in reality composed of all the species, altered in different ways by the hand of man, which have, however, a common and unitary origin in nature, with the whole genus forming only one species.[76]

The intention behind the precise terminology employed in this passage should by now be clear. His physical and real genera

[72] *De l'asne* (*Oeuvres philosophiques*, pp. 354b-355a).
[73] *Le rat* (*Histoire Naturelle*, VII, 1758; *Oeuvres philosophiques*, p. 37.7.b).
[74] One confusing and complicating point should be noted. Buffon also seems to be willing to accept at this time the use of generic names for convenience of description, although these render "abstract" designations and are not to be confused with his "physical and real" genera he writes in *Les gerboises*: "Gerboise est un *nom générique* que nous employons ici…" connaissons dans ce genre quatre espèces ou variétés bien distinctes" (*Histoire naturelle*, XIII, *Oeuvres complètes*, IX. p. 558); my italics. See also *Les makis* of the same year (p. 570). Generic designations can contain several distinct and nongenetically related species.
[75] *Le mouflon et les autres brebis* (*Histoire naturelle*, XI, 1764; *Oeuvres complètes*, IX, p. 407).
[76] *Ibid*.

denote the systems of historic divergence and modification created within the species, interpreted as the constant succession of reproducing individuals. Such genera are *subordinated* to the species, rather than the reverse inclusion relation conceived by taxonomists. The dissimilarity with the Linnaean hierarchy is precisely along the dividing line Buffon sees between the real and the abstract.

Buffon's subsequent extension of this line of reasoning to the wild animal introduces some complexities. But again, it does not appear to involve fundamental change in his thinking, but only once again a movement from demands of his concept of physical truth through empirical observation of the real relationships to a public assertion that wild animals can also be grouped into non–abstract genera or families related by descent with modification, the confines of a limited number of real species forming historical success of reproductive continuity.[77] At least by the early 1760s, Buffon was arguing privately that all the quadrupeds could be reduced to a limited number of real species and genera, even though his published statements until 1766 assert no such relations to hold for any but the domestic animals.[78] But, such apparent discrepancy between speculations held privately and *prior to* the all-important empirical research, and those asserted often dogmatically in print after Buffon had satisfied himself on the real as opposed to the purely abstract relations

[77] Some inconsistency might be discerned concerning Buffon's extension of the results of experiments on the hybridization of domestic animals to the general question of the relation of the wild species as expounded in his *De la dégéneration des animaux* of 1766, inasmuch as he could not claim to have made all the experiments needed to indicate real rather than abstract relationship. A clue to the reasoning behind his willingness to make this extension based on the scanty empirical evidence is perhaps to be seen in his concept of *analogical* reason. This is discussed in his *Essai sur l'arithmétique morale* (*Oeuvres philosophiques*, pp. 458-459), distinguishes between *la certitude physique*, based on the uniformity and constant success of empirical experience and a lesser *certitude morale*, based on analogical reasoning from the to the unknown, and which always remains at the level of probabilistic knowledge. It is noted that in the discussion of the degeneration of animals Buffon is repeatedly qualifying his assertions with expressions of uncertainty, and he begins the long discussion of the evidence of the unification of the quadrupeds into a limited number of natural families with the statement that "voici les *raisons d'analogie* sur lesquelles son fondées les presomptions que je viens d'indiquer" (*Oeuvres philosophiques*, p. 402b; my italics). Buffon then prefaces the section where he actually offers his reduction of the species with the qualification that "les deux cents espèces dont nous avons donné l'histoire peuvent se réduire à un assez petit nombre de familles ou souches principales, lesquelles *il n'est pas impossible* que toutes les autres soient issues" (*ibid.*, p. 408; my italics). It could seem that Buffon is regarding his reflections on animal degeneration as no more than analogical extensions of his actual empirical findings and does not attribute to them the degree of rational certitude he is claiming in the case of the domestic animals.

[78] By early 1763, Buffon had concluded privately that only twenty genuine species existed in the quadrupeds. "Letter from Clas Alströmer to Linnaeus," Jan. 30, 1763, in *Bref och Skrifvelser*, Del. IV., pp. 69-70. Once again, I would like to thank Mrs. Ingrid Swanberg for her translation of this valuable text.

of organism is fully in keeping with the methodological canons that can be traced through virtually all of Buffon's scientific writings.

Seen in the light of an underlying concern with philosophical truth and certitude, Buffon's taxonomic thought achieves, I would conclude, a coherent unity. Sense can be made of the enigmatic nature of his seemingly sudden and substantial alterations in position; one need not appeal to a "fear of authorities" reading of the texts nor to a paradoxical oscillation from transformism to anti-transformism at various periods in Buffon's writings. His argument against Linnaeus neither begins nor ends with a nominalist philosophical position but rather with a concern with the puzzling relation of universals to an underlying biological reality. If Buffon did not solve this issue, his work and the interpretation of his polemic against Linnaeus by his successors would raise this question to a point of primary biological concern.

CAPÍTULO 10

LA SÍNTESIS BIOGEOGRÁFICA DE CHARLES LYELL

Alfredo Bueno
Jorge Llorente

[...]There are innumerable points of analogy between the vegetation of the Brazils, equinoctial Africa, and India; and there are also points of difference wherein the plants of these regions are distinguishable from all extra-tropical groups. But there are very few species common [...] Let us now consider what means of diffusion, independently of the agency of man, are possessed by plants, whereby, in the course of ages, they may be enabled to stray from one of the botanical provinces above mentioned to another, and to establish new colonies at a great distance from their birth-place [...] means of transportation may sometimes be without limits [...] they may then begin to propagate themselves again as from a new center [...]

Let such an accident happen but once in a century, or a thousand years, it will be sufficient to spread many of the plants from one continent to another; for, in estimating the activity of these causes, we must not consider whether they act in relation to the period of our observation, but in reference to the duration of species in general.

[...] The real difficulty which must present itself to every one who contemplates the present geographical distribution of species, is the small number of exceptions to the rule of the nonintermixture of different groups of plants.

[...] The plant of nature, in regard to their location on the globe, is perfectly analogous to that already exemplified in other parts of the organic creation, and has probably been determined by similar causes.

Lyell, *Principles of Geology,* 1832: 73-75, 81-108, vol. II.

Entre la segunda mitad del siglo xviii y la primera del xix se instituyeron sociedades científicas dedicadas al estudio y desarrollo de disciplinas particulares, como la astronomía y la geología. Ya no se trataba de sociedades que se abocaban al estudio de la filosofía natural en general. El conocimiento de la naturaleza se fragmentó en disciplinas y las historias de la ciencia que se hicieron durante ese periodo se adaptaron a esa tendencia (Christie, 1990; Laudan, 1993). Surgieron así las llamadas "historias disciplinarias". Merece destacarse que estas historias se hacían con varios propósitos, como el que se reconocieran áreas de conocimiento coherentes o crear historias discretas y unificadas de disciplinas científicas, complementadas con los personajes ilustres y con los hallazgos e in-

novaciones más importantes, aunque sobre todo se buscaba generar historias informales propias de las disciplinas con propósitos de enseñanza.

Es dentro de ese contexto donde puede inscribirse la realización de los *Principles of Geology,* de Lyell, quien plantea de inicio resolver el problema histórico de cuándo surge la auténtica geología científica de entre las sombras de su pasado irracional. Mediante una especie de criba histórica, va decantando los personajes señeros de la disciplina, al mismo tiempo que descarta los elementos de irracionalidad. La influyente obra de Lyell puede entenderse como una brillante síntesis que intenta ir al origen genuino de la disciplina y establecer sus fundamentos conceptuales y metodológicos. Se trata fundamentalmente de establecer la identidad de este campo de conocimiento y de especificar su objeto de estudio, así como sus métodos, técnicas y teorías.

Lyell concibe a la historia con una función pedagógica: sólo remontándose al pasado se puede entender el presente. Pero no sólo eso se aprende con la historia, además su estudio permite apreciar en todo su valor el esfuerzo que costó arribar al conocimiento actual, al que, vale decirlo, identifica con el refinado sistema que él mismo construye a lo largo de tres volúmenes, luego de distinguir en el pasado los errores de los aciertos. En su revisión histórica, a Lyell le interesa abordar no sólo los logros, sino también los retrasos en el conocimiento del funcionamiento de la Tierra.

Lyell se educó dentro de la sólida tradición de los geólogos ingleses. Abogado de profesión, desarrolló brillantemente el arte de la persuasión verbal. Su obra permitió valorar a la geología como una disciplina de ilustre pasado, y es innegable que su versión de la historia de la geología ha tenido una influencia grande, quizá demasiado. Gould (1992) sostiene que el argumento de Lyell resulta convincente en gran parte debido a la fuerza de su retórica, y no sólo por su consistencia lógica. En buena medida su éxito se debió a su talento para desarrollar analogías y metáforas. Su tesis uniformitarista la ilustra frecuentemente con figuras retóricas y no con ejemplos reales. Así, por ejemplo, se sirve de la historia para elaborar una narración contrastante, simplificada y maniquea: en un extremo está la geología racional, con el principio del uniformitarismo como guía, y en el otro la geología antigua, un cúmulo de especulaciones vanas, que parte de una discordancia entre las causas actuales y las pasadas.

La historia *folk* de la geología nos presenta a Lyell como al héroe de esta disciplina, aquel que la elevó a la categoría de ciencia racional y empírica, liberándola de la pura especulación y de los pesados lastres de la teología. Sin embargo, estudios historiográficos recientes revelan una historia profunda bastante más compleja y matizada que este esquema simplista (Hooykas, 1963; Gould, 1977; Rudwick, 1972; Porter, 1976). La versión sesgada según la cual el debate entre Cuvier y Lyell fue una batalla entre el dogma religioso *vs.* los estudios de campo, entre la irracionalidad contra el empirismo, no es sino una burda desfiguración histórica. El enfrentamiento fue más

bien entre dos enfoques empíricos rivales, con concepciones de tiempo radicalmente diferentes. Por un lado, los catastrofistas suponían una historia direccional, con climas cada vez más fríos, seres organizados cada vez más complejos y episodios violentos ocasionales. Estas tesis, vale decir, las derivaron de un riguroso apego a las evidencias fácticas reveladas en el registro fósil. A su vez, Lyell proponía un mundo en cambio perpetuo, aunque esencialmente inmutable en su estado general, con cambios graduales que no conducirán eventualmente a otro estado distinto del actual, que es además igual al que ha existido siempre.

LA METODOLOGÍA EN LA OBRA DE LYELL: UNIFORMITARISMO Y *VERA CAUSA*

Los *Principles of Geology* se rigen de principio a fin por el uniformitarismo. El término (*uniformitarianism)* fue introducido por William Whewell en 1832, al hacer la reseña del segundo volumen de los *Principios de geología.* Posteriormente el mismo Whewell se refirió con amplitud a este término en sus trabajos sobre filosofía e historia de las ciencias inductivas (Whewell, 1847; 1857), oponiéndolo al enfoque catastrofista. El uniformitarismo sostiene esencialmente que, como los procesos que operaron sobre la Tierra en el pasado son inobservables, sólo por sus efectos puede reconstruirse la historia del planeta. La única forma de llegar a comprender esos procesos pasados es comparando sus resultados con las características del paisaje terrestre que resultan de procesos que podemos observar actualmente. El uniformitarismo supone que todos y cada uno de los sucesos del pasado se explican estrictamente por las mismas causas que vemos operar hoy. Esto tiene al menos cuatro implicaciones que conviene explicar: 1. No existieron causas en el pasado que hayan dejado de operar actualmente; 2. No se espera que en el futuro empiecen a actuar causas novedosas, inéditas; 3. La intensidad con que han actuado las causas ha sido siempre la misma, es decir, tanto en el pasado como en el presente, la intensidad de las causas no ha aumentado ni disminuido, y 4. El mundo ha existido por un tiempo mucho más dilatado del que estimaban las cronologías basadas en los relatos bíblicos (Gould, 1992).

Pero el uniformitarismo tiene significados distintos y a veces confusos, que incluyen tanto principios metodológicos como supuestos ontológicos. En general, el uniformitarismo metodológico fue ampliamente aceptado por los catastrofistas, quienes más bien rechazaron la hipótesis que proponía sobre el funcionamiento de la Tierra. Rudwick (1972) ha diferenciado cuatro sentidos del uniformitarismo en la obra de Lyell:

1. *Uniformidad de leyes.* Las leyes de la naturaleza son constantes en tiempo y espacio. Por eso se justifica hacer inferencias inductivas hacia un pasado que es inobservable.
2. *Uniformidad de procesos.* Los fenómenos del pasado pueden explicarse por los procesos que observamos actualmente.

Es lo que se conoce como *actualismo.* El actualismo puede considerarse como una expresión particular del principio metodológico de simplicidad, es decir, asume que no es necesario recurrir a explicaciones extraordinarias cuando las causas conocidas son suficientes.

3. *Gradualismo.* El ritmo del cambio es lento, constante y gradual. Los grandes cambios se explican por acumulación de cambios pequeños. Los cambios abruptos producidos por erupciones, inundaciones o terremotos son excepcionales y su efecto siempre es local. Nunca han sido más frecuentes que ahora y nunca ha habido cataclismos que afecten toda la Tierra.
4. *Uniformidad de estado o antiprogresionismo.* Los cambios que ocurren en la Tierra no llevan una dirección determinada. El cambio es permanente, pero no implica ninguna progresión. Ello se aplica también a los seres organizados.

Los dos primeros significados son preceptos metodológicos. Aluden, respectivamente, a los principios de inducción y simplicidad, que han sido usados por los científicos de manera generalizada. El gradualismo y el antiprogresionismo, en cambio, son hipótesis acerca de cómo funciona la Tierra, y como tales, están sujetas a prueba empírica. Cabe apuntar que Lyell extendió su uniformitarismo ontológico del mundo inorgánico al mundo animado, según se discutirá posteriormente.

Desde el punto de vista metodológico, la obra de Lyell se inserta dentro de la tradición newtoniana de la búsqueda de *causas verdaderas* y del rechazo de *hipótesis.* El mismo título de *Principios* es una clara referencia a los *Principia mathematica* de Newton. Si bien Newton no explicó una metodología, menciona la *vera causa* como la primera de sus *reglas filosóficas.* La metodología empleada por Newton había sido ampliamente analizada durante el siglo xviii. La objeción a las hipótesis en general, conforme la actitud newtoniana, no es porque carezcan de poder explicativo, sólo que no se trata de inventar explicaciones plausibles, que pueden ser muchas, sino de buscar la *vera causa,* es decir, la explicación. La estrategia metodológica que siguió Lyell fue apelar solamente a fenómenos, como terremotos, acciones volcánicas, sedimentación y acción del mar, entre otras, como las únicas causas aceptables dentro de su sistema no hipotético (Guillaumin, 1997). Las causas verdaderas son lo contrario de las explicaciones hipotéticas, que en el sentido newtoniano se entienden como mera especulación.

De manera consciente y deliberada, Lyell se preocupó por desarrollar su sistema basándose en los mejores cánones de los razonamientos científicos y tradiciones metodológicas de su tiempo. Conocía bien las ideas de John Herschel y creía que la metodología de la *vera causa* era la mejor manera de evitar tanto conjeturas infundadas implícitas en el método de la hipótesis, como de incurrir en mutilaciones teóricas por la adhesión demasiado estricta a una metodología inductiva. La ciencia progresaba por la juiciosa unión de ideas apropia-

das con hechos científicos. Las ideas que no se apoyaban en hechos quedaban como mera filosofía escolástica, mientras que los hechos sin ideas quedaban desprovistos de significado (Laudan, 1982). Así, Lyell cuida de justificar su sistema mediante una metodología legítima. Su pretensión es establecer a la geología como una disciplina científica, explicando el pasado geológico mediante causas verdaderas. Los *Principles of Geology* fueron elogiados por Herschel, quien los consideró como un ejemplo brillante de lo que era aplicar con sentido la metodología de las causas verdaderas. El propio Herschel terminó por publicar el mismo año en que aparecía el primer volumen de Lyell (1830) su libro, *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy,* en el que hace una exposición sistemática sobre la metodología newtoniana de las causas verdaderas.

Lyell, como Newton, rechaza hipótesis. Parte de la premisa de que en el pasado han ocurrido cambios climáticos, que tienen como causa los cambios en la distribución relativa de tierra emergida y océanos. El cambio climático es fundamental en el sistema lyelliano. A fin de cuentas, el clima es la influencia que media entre los reinos orgánico e inorgánico. Es por tanto un factor clave en una explicación sobre la Tierra que abarca también a los seres organizados (Laudan, 1982). El recurrir a otras explicaciones, comunes en su tiempo, como la de que los rasgos actuales de la superficie terrestre se han esculpido a partir de la retracción de las aguas de un océano primitivo o de catástrofes y conflagraciones, no es válido por una sencilla razón, según lo establece puntualmente Lyell: no existen evidencias que las apoyen. En cambio, sí existen evidencias empíricas en favor de que ocurrieron cambios en el nivel del mar.

LOS *PRINCIPIOS DE GEOLOGÍA*

Los *Principles of Geology* constan de tres volúmenes, publicados entre 1830 y 1833. La obra alcanzó 11 ediciones, la última de las cuales apareció en 1872, pero existe una edición facsimilar reciente de The University of Chicago Press (1990). El primer volumen inicia con la historia de la geología. Se narra a lo largo de los primeros cinco capítulos el tránsito de esta disciplina desde un estado primitivo irracional hasta que alcanzó el estatus de ciencia basada en conocimiento empírico. Esta tesis se reitera al comienzo del tercer volumen, en el que se vuelve a contrastar a los especuladores irresponsables con los pacientes empiristas, a aquellos que prefirieron el camino fácil de teorizar sin freno sobre el pasado con los que se tomaron la molestia de estudiar inteligentemente los acontecimientos del presente. El peligro de aceptar que en el pasado actuaron causas extraordinarias es que permite aceptar prácticamente cualquier hipótesis, por descabellada que sea. Ello fue la causa, sostiene Lyell, de que la geología no trascendiera su estado de irracionalidad.

Continúa el primer volumen con las evidencias de que el Hemisferio Norte tuvo en el pasado un clima más cálido y se

explica la causa de los cambios climáticos, que se atribuye a los cambios en la disposición de tierras y mares ocasionados por hundimientos y levantamientos de la corteza en diferentes áreas. Se aporta como prueba del clima cálido que hubo anteriormente en el Hemisferio Norte el depósito de estratos carboníferos. El enfriamiento que ocurrió después del carbonífero en este hemisferio se debió a una emersión de tierras. Resulta así que no ha ocurrido un enfriamiento continuo y unidireccional de la Tierra, como afirman los catastrofistas, sino que los cambios climáticos han sido cíclicos.

En el fondo de esta concepción cíclica del tiempo está la tesis de un estado uniforme del planeta. Los continentes se elevan para ser erosionados en ciclos que se repiten una y otra vez. El mundo es esencialmente uniforme, tanto en su estado general como en la intensidad de los procesos que en él ocurren. Al enfriamiento que se presenta actualmente seguirá otra vez un largo ciclo de calentamiento. El enfriamiento no es un proceso unidireccional e irreversible. El volumen termina con una relación de las causas que operan construyendo el paisaje terrestre, como erupciones y terremotos, así como de las que lo destruyen, como corrientes fluviales y mareas.

En el segundo volumen se trata ampliamente el efecto de las pausadas e imperturbables leyes físicas sobre los seres organizados. El tema central de todo el volumen es analizar cómo los cambios sin cesar que experimenta la Tierra han afectado la distribución geográfica de plantas y animales, y cómo la adaptación perfecta que existe entre las especies y su entorno determinan tanto su extinción como su origen. El modelo biogeográfico que expone Lyell se comentará más adelante.

El tercer volumen es una historia regresiva de la Tierra, del presente hacia el pasado. Se sostiene una y otra vez que las supuestas extinciones en masa, tan queridas por los catastrofistas, se explican simplemente por periodos de no depositación de sedimentos, y que la mayor deformación de las rocas antiguas se debe a que han estado sometidas durante más tiempo a procesos constantes de alteración y metamorfismo, y no a que las fuerzas deformadoras hayan sido más activas en el pasado. Se intenta también mostrar la utilidad práctica del sistema lyelliano, es decir, cómo la concepción cíclica del tiempo permite develar la historia de la Tierra. Ello se ilustra mediante un original método para datar las rocas del Cenozoico, que consiste en estimar las proporciones relativas de especies actuales de moluscos, entre el total de especies tanto extintas como vivientes, presentes como fósiles en los estratos.

Gould (1992) señala que las sucesivas ediciones de la obra no hicieron más que mermar su coherencia original. Hubo tantos cambios a la primera edición que la obra terminó con el deslucido formato de un libro de texto. La razón principal fue que Lyell se vio forzado a abandonar su tenaz compromiso con el uniformitarismo de estado ante la contundente evidencia en favor del cambio orgánico progresivo.

BIOGEOGRAFÍA LYELLIANA

En el capítulo V del volumen II, Lyell empieza a abordar la distribución geográfica de los seres organizados, asunto al que considera de la mayor relevancia. Comienza por plantear la pregunta fundamental: ¿cuáles son las leyes que regulan la distribución geográfica de las especies? En el mismo tenor actualista que usó para descubrir las leyes que regulan el mundo físico, razona que sólo mediante el conocimiento preciso de la distribución espacial que presentan las especies actualmente, así como el estudio de los efectos que tienen sobre dicha distribución los cambios en la geografía física y el fenómeno de la migración, se podrá conocer un aspecto crucial de la naturaleza: si las especies son entidades permanentes o bien de duración limitada. En tanto que el mundo inanimado está sujeto a incesantes vicisitudes, resulta pertinente preguntarse cómo afectan éstas al mundo animado.

Toda la discusión que desarrollará Lyell acerca de la distribución orgánica parte de reconocer un hecho empírico al que considera crucial, cuyo descubrimiento acredita al naturalista francés Buffon: *That different regions of the globe are inhabited by entirely distinct animals and plants* (II: 66). Comienza por asentar que este fenómeno es de ocurrencia universal, tanto así que la superficie terrestre puede dividirse propiamente en *naciones* de plantas y animales, cada una de ellas con una identidad específica propia, determinada por el conjunto particular de especies que contiene. Le llama poderosamente la atención que la superficie del globo pueda parcelarse en regiones claramente distintas, y siendo un hecho tan notable su desconocimiento entre las culturas antiguas, como la griega, la romana y la árabe, sólo puede explicarse por el reducido número de especies que conocieron, no mayor de cuatro centenas. En cambio, para su tiempo se habían reconocido más de tres mil especies distribuidas en islas y más de siete mil en el resto del mundo.

Antes de que Buffon enunciara explícitamente su principio de distribución orgánica, era común suponer que en distintas regiones situadas en la misma latitud deberían encontrarse las mismas producciones orgánicas, por causa de su similitud climática. En cambio, a Lyell, que había estudiado a De Candolle, le quedaba perfectamente claro que la regla general de la distribución orgánica es la existencia de áreas con biotas propias y particulares. Cada especie se distribuye en una región particular. Hay, sin embargo, un número reducido de especies que no se sujetan a este principio. Son las que están distribuidas ampliamente. Estas excepciones pueden explicarse por el fenómeno de la dispersión. La existencia de regiones con identidad biótica propia y las contadas excepciones debidas a la dispersión serán ideas centrales a las que volverá recurrentemente Lyell, y su explicación, el tema central de su indagación biogeográfica:

> [T]hat each separate region of the globe, both of the land and water, is occupied by distinct groups of species, and that most

of exceptions to this general rule may be referred to disseminating causes now in operation, is eminently calculated to excite curiosity, and to stimulate us to seek some hypothesis respecting the first introduction of species which may be reconciliable with such phenomena (II: 67).

Conviene poner énfasis en que Lyell, al igual que De Candolle, asigna sólo un papel subsidiario a la dispersión, que no altera el patrón general de la existencia de regiones con identidad biótica propia.

Al hacer la reseña histórica sobre los estudios de la geografía de los seres animados, Lyell señala que Humboldt se percató claramente de que no eran las diferencias climáticas la causa de que cada región tuviera sus propias especies aborígenes. Para Agustín de Candolle no escatima comentarios elogiosos. Le reconoce haber señalado en su "luminoso" ensayo sobre geografía botánica una valiosa distinción conceptual. Las *estaciones* son las circunstancias físicas sobre las que crecen normalmente las plantas, como humedad, temperatura, altura sobre el nivel del mar y tipo de suelo; las *habitaciones,* en cambio, son áreas separadas con su propia identidad de especies. Puede ser que habitaciones diferentes presenten prácticamente estaciones idénticas, sin embargo, las especies que ocurren en cada una son distintas. Señala Lyell que incluso en un mismo continente pueden distinguirse regiones diferentes, como en el caso del viejo continente, en el que las áreas de China y las que bordean los mares Negro y Caspio o las que bordean el Mediterráneo tienen especies marcadamente distintas, a pesar de la continuidad territorial. Si bien dentro de las 20 provincias bióticas que distingue De Candolle puede haber casos de especies compartidas, cada una está notablemente bien delimitada y posee sus propias plantas aborígenes.

En los casos excepcionales en que la misma especie ocurre en más de un país, Lyell encuentra que la explicación más plausible es la dispersión, razonando que no puede haber origen múltiple:

> The first travellers were persuaded that they should find, in distant regions, the plants of their own country [...]. It was some time before this illusion was dissipated [...]. All grew diffident of the pretended identifications, and we now find that every naturalista is inclined to examine each supposed exception with scrupulous severity. If they admit the fact, they begin to speculate on the mode whereby the seeds may have been transported from one country into the other, or inquire on which of two continents the plant was indigenous, assuming that a species, like an individual, cannot have two birth-places (II: 71).

Esta ley general de la distribución también rige para la vegetación marina, que presenta una marcada división en provincias, lo cual es todavía más sorprendente, comenta Lyell, si se considera que la temperatura del mar es mucho más uniforme que la terrestre.

Después de establecer con toda claridad la marcada regionalización biótica que pre-

senta la superficie terrestre, Lyell hace una revisión amplia de los variados medios de difusión que han permitido a los organismos cruzar distancias enormes y colonizar nuevas tierras. Distingue entre ellos a los agentes inanimados, mediante los cuales los organismos son transportados pasivamente, de la dispersión que llevan a cabo por sí mismos. Dentro de los primeros considera como a los más importantes a las corrientes atmosféricas, oceánicas y fluviales. Ciertas estructuras, como los apéndices plumosos que presentan semillas de diferentes especies, les permiten flotar en el aire y salvar grandes distancias. Los remolinos, que son un fenómeno atmosférico regular, tienen tal fuerza que pueden transportar *not only plants but insects, land-testacea and their eggs, with many others species of animals, to points which they could never otherwise have reached, and from which they may then begin to propagate themselves again as from a new centre* (II: 74-75). Hay semillas que tienen forma de canoa y pueden ser transportadas por el agua; otras más poseen ganchos, con las que se adhieren al pelo de los mamíferos; las hay también que pueden pasar por el intestino de los animales que las ingieren sin perder su capacidad germinativa.

Debe destacarse un razonamiento empleado por Lyell, que después fue argumentado reiteradamente por los biogeógrafos dispersionistas: un caso particular de dispersión parece ser un suceso fortuito, ocasional e improbable; sin embargo, cuando se considera un lapso lo suficientemente extenso, la dispersión se convierte en un suceso prácticamente seguro. Conviene recordar que Lyell fue el principal defensor del concepto del *tiempo profundo* (Gould, 1992), es decir, concibe una Tierra con un pasado inmenso, en la que los procesos se repiten en un ciclo interminable. Por ejemplo, plantea un escenario en el que algunas semillas atrapadas en el intestino de un ave que muriera accidentalmente serían capaces de germinar en el sitio donde quedó el cadáver:

> Let such an accident happen but once in century, or a thousand years, it will be sufficient to spread many of the plants from one continent to another; for, in estimating the activity of these causes, we must not consider whether they act slowly in relation to the period of our observation, but in reference to the duration of species in general (II: 81).

Sin embargo, hay una diferencia fundamental entre Lyell y el modelo dispersionista que desarrollarían los biogeógrafos del neodarwinismo *(v. gr.* Darlington, 1957; Simpson, 1965; Briggs, 1974): mientras que para estos últimos la dispersión es la causa de que existan diferentes regiones biogeográficas, Lyell, siguiendo a De Candolle, no le concedió más importancia que la de explicar los casos relativamente raros de especies con distribución cosmopolita, que eran la excepción al principio de Buffon. Después de hacer una exposición amplia y exhaustiva de los variados medios y mecanismos mediante los cuales las especies se difunden, lo que admira a Lyell no es tanto mostrar la gran capacidad de dispersión

de los organismos, sino que a pesar de ello permanezca como patrón general la división de la superficie terrestre en provincias biogeográficas, con especies propias, en vez de una mezcla homogénea de especies por toda la superficie del globo:

> The machinery before adverted to is so capable of disseminating seeds over almost unbounded spaces, that were we more intimately acquanted with the economy of nature, we might probably explain all the instances which occur of the aberration of plants to great distances from their native countries. The real difficulty which must present itself to every one who contemplates the present geographical distribution of species is the small number of exceptions to the rule of the non-intermixture of different groups of plants. Why have not, supposing them to have been ever so distinct originally, become more blended and confounded together in the lapse of ages? (II: 81).

Ni siquiera el efecto poderoso que ha ejercido el hombre sobre la distribución de los organismos, favoreciendo la dispersión de ciertas especies y obstaculizando la de otras (las áreas cultivadas pueden actuar como barreras para la dispersión de muchas especies silvestres), concluye Lyell, ha podido desdibujar el claro patrón de regionalización biogeográfica.

A lo largo del capítulo VI, Lyell reitera la generalidad de la "ley de Buffon" (Nelson, 1978), es decir, que en áreas separadas hay especies distintas. El hacer explícito este patrón, quizá el más general de la distribución espacial de los organismos, resultó ser el descubrimiento empírico más notable de la investigación biogeográfica, sobre todo si se considera que entre los naturalistas de los siglos XVIII y XIX estaba fuertemente arraigada la idea de que en las mismas condiciones del medio se producían las mismas especies. Este determinismo ecológico lo sostenía al principio incluso el mismo Buffon, quien especuló sobre la posibilidad de que el mismo tipo de clima produjera a las mismas especies, aun en áreas separadas. Sin embargo, el naturalista francés pudo percatarse posteriormente de que era un hecho indudable que los mamíferos del Nuevo y Viejo Mundo eran totalmente diferentes, aunque habitaran las mismas latitudes con climas prácticamente iguales. A Lyell le queda clara *the limitation of groups of distinct species to regions separated from the rest of the globe by certain natural barriers* (II: 97). Pueden así distinguirse varias regiones: la Ártica, que incluye al Viejo Mundo y a Norteamérica, la América tropical, África, la región andina, Nueva Holanda y el sur de África, entre las más notorias. Señala Lyell que si bien los mamíferos de Nueva Holanda han llamado poderosamente la atención por su singularidad, no son un caso excepcional, ya que casos igualmente notorios se presentan en otras áreas:

> [I]n others parts of the globe, we find peculiarities of form, structure, and habits, in birds, reptiles, insects, or plants, confined entirely to one hemisphere, or one

> continent, and sometimes to much narrower limits (II: 89).

Luego de mencionar una serie de cuadrúpedos propios de regiones particulares, refiere variados casos reportados en la literatura que dan cuenta de las notables capacidades dispersorias de los cuadrúpedos, como tigres, elefantes, venados, osos, cerdos salvajes, ratas escandinavas, lemmings, asnos salvajes y antílopes, todos ellos excelentes nadadores que pueden salvar corrientes fluviales caudalosas. El mar normalmente representa una gran barrera para los cuadrúpedos terrestres, aunque Lyell consigna reportes sobre casos de osos polares y lobos navegando en icebergs, de renos que cruzan el mar hasta llegar a las islas Aleutianas y de balsas naturales encontradas a distancias hasta de cien millas de la desembocadura del Ganges. Estos casos, si bien raros, podrían explicar las contadas excepciones a la regla general del área confinada de las especies.

Las aves, a pesar de su gran capacidad locomotiva, no constituyen excepción a la regla general que rige para los cuadrúpedos terrestres y las plantas, de modo que diferentes especies están confinadas a límites definidos. Incluso algunas aves son tan locales, que en un mismo archipiélago, una sola isla puede presentar una especie que no existe en ninguna otra parte de la Tierra. Por ejemplo, entre la numerosa familia de los psitácidos, no hay una sola especie común entre las regiones tropicales de América, África e India. Si bien entre las latitudes equivalentes de los hemisferios Norte y Sur se aprecia una gran correspondencia general de forma entre aves acuáticas y terrestres, la identidad específica es sin embargo excepcional.

Si se considera la gran capacidad de las aves para desplazarse sobre grandes extensiones, no sorprende encontrar excepciones a la regla general de la distribución:

> When we reflect how easily different species, in a great lapse of ages, may be each overtaken by gales and hurricanes, and, abandoning themselves to the tempest, be scattered at random through various regions of the earth's surface, where the temperature of the atmosphere, the vegetation, and the animal productions, might be suited to their wants, we shall be prepared to find some species capriciously distributed, and to be sometimes unable to determine the native countries of each (II: 102).

En el capítulo VII Lyell trata también los mismos temas de la distribución y las capacidades dispersorias de organismos, aunque aborda ahora a los peces e invertebrados. Señala que aunque se conoce menos de las habitaciones de los animales marinos que de los terrestres, hasta donde puede verse, su distribución se ciñe a la misma regla general. Existen especies marcadamente endémicas. El caso aparentemente inexplicable de que lagos apartados, incluso muy distantes entre sí, contengan las mismas especies de peces podría explicarse por el transporte de huevecillos adheridos a las plumas de aves acuáticas y

aun al cuerpo de algunos escarabajos, que visitan los diferentes cuerpos de agua.

Al describir la distribución de los testáceos, deja en claro que los casos de amplia distribución que requieren ser investigados son excepcionales:

> The confined range of the molluscs may easily be explained, if we admit that species have only one birth place; and the only problem to be solved would relate to exceptions-to account for the dissemination of some species throughout several isles and the European continent (II: 110).

Refiere luego cómo los huevecillos ligerísimos de algunos invertebrados, como los balanos, pueden adherirse a madera flotante, cocos e incluso a los barcos, y ser así transportados largas distancias. Sin embargo, holoturias, madréporas, medusas, son grupos que también se ciñen a la regla general de la distribución.

Señala también los medios de dispersión y las especies endémicas dentro del grupo de los insectos, que tienen una influencia destacadísima en la economía de la naturaleza por estar relacionados estrechamente con las plantas, por lo que la distribución en regiones distinguibles y separadas de ambos grupos coincide ampliamente. Hay especies de insectos muy localizadas y otras ampliamente distribuidas; otras hacen grandes migraciones en enormes grupos. Por ser alados en la mayoría de los casos, estos organismos pueden ser dispersados por el viento a grandes distancias. No obstante, se ciñen a la norma general. No sólo hay especies peculiares a ciertas regiones, sino grupos enteros de categoría taxonómica supraespecífica que son representativos de regiones particulares.

El capítulo VII lo concluye analizando la distribución de la especie humana. Lyell empieza por referir las especulaciones que se han hecho sobre su área de origen, partiendo de la misma premisa que sostiene para el origen de cualquier especie: toda la raza humana desciende de una sola pareja:

> Many naturalist have amused themselves in speculating on the probable birth-place of mankind, the point from which, if we assume the whole human race to have descended from a single pair, the tide of emigration must originally have proceeded (II: 116).

En alusión al paraíso insular ideado por Linneo, en el que a partir de una isla-montaña las diversas especies habían alcanzado su distribución actual conforme las aguas se fueron retrayendo (véase Bueno y Llorente, 1991), comenta Lyell que una conjetura popular sitúa el lugar de origen de la especie humana en los trópicos, pues allí hay un clima benigno perenne y abundancia de alimentos. Además, se razonaba que el clima de esa región sería el adecuado para la lampiña especie humana:

> It has been always a favourite conjeture that this birth-place was situated within or near the tropics, where perpetual summer reigns, and where fruits, herbs, and roots, are plentifully supplied throughout

> the year. The climate of this regions, it has been said, is suited to a being born without any covering, and who had not yet acquired the arts of building habitations or providing clothes (II: 116-117).

Después, cuando finalmente se llegó a sobrepoblar ese edén original, la necesidad hizo que los hombres se dispersaran a las zonas templadas, enfrentando las nuevas dificultades con su capacidad de invención. La necesidad de buscar alimento fue un factor que promovió la dispersión, estableciéndose así pequeños asentamientos humanos. Cuando las especies de caza eran mermadas, el proceso de dispersión se reiniciaba. La necesidad de comer, explica Lyell, daría cuenta de la presencia de asentamientos humanos en los lugares más inhóspitos desde los albores de la humanidad.

Aclara que estos razonamientos sólo podrían aplicarse al poblamiento de continentes continuos. Para el caso de colonizaciones de islas remotas, la explicación plausible sería la dispersión accidental mediante canoas. Fueron así náufragos errantes quienes por azar colonizaron islas apartadas.

Después de consignar varios casos de hombres que al navegar por los mares fueron dispersados por tormentas, concluye que la especie humana se ha difundido, desde sus primeros tiempos, de la misma manera que las plantas y los animales:

> So the man, even in a rude state of society, is liable to be scattered involuntarily by the winds and waves over the globe, in a manner singularly analogous to that in which many plants and animals are diffused. We ought not then to wonder that during the ages required for some tribes of the human race to attain that advanced stage of civilization which empowers the navigator to cross the ocean in all directions with security, the whole earth should have become the abode of rude tribes of hunters and fishers (II: 120-121).

En resumen, Lyell distingue dos causas de la dispersión del hombre: la tendencia a incrementar sus medios de subsistencia, que promovió su dispersión en áreas continuas, y la deriva accidental de canoas hasta costas lejanas. No hay hasta aquí ningún concepto especial. La distribución actual de la especie humana se explica esencialmente por las mismas causas que han actuado en cualquier especie.

Sin embargo, el caso particular de la isla de Santa Elena, descubierta en 1501, deshabitada por hombres y con especies vegetales únicas, merece una explicación especial de su creación:

> St. Helena [...] it was only inhabited by sea-fowl, and occasionally by seals and turtles, and was covered with a forest of trees and shrubs, all of species peculiar, as we before observed, with one or two exceptions, and which seem to have been expressly created for this remote and insulated spot (II: 118-119).

Por cierto, no es Lyell un autor de prosa árida. La dramática historia que cuenta sobre un náufrago de nombre Kadu, salvado

providencialmente, ilustra su competencia en el arte narrativo:

> Kotzebue, when investigating the coral isles of Radack, at the eastern extremity of the Caroline isles, became acquainted with a person of the name of Kadu, who was a native of Ulea, an isle fifteen hundred miles distant, from which he had been drifted with a party. Kadu and three of his countrymen, one day, left Ulea in a sailing boat, when a violent storm arose, and drove them out of their course; they drifted about the open sea for eight months, according to their reckoning by the moon, making a knot on a cord at every new moon. Being expert fishermen they subsisted entirely on the produce of the sea; and when the rain fell, laid in as much freshwater as they had vessels to contain it. "Kadu", says Kotzebue, "who was the best diver, frequently went down to the bottom of the sea, where it is well known that the water is not so salt, with a cocoa nut shell, with only a small opening". When these unfortunate men reached the isles of Radack, every hope and almost every feeling had died within them; their sail had long been destroyed, their canoe had long been the sport of winds and waves, and they were picked up by the inhabitants of Aur, in a state of insensibility; but by the hospitable care of those islanders they soon recovered, and were restored by perfect health (II: 119-120).

En el capítulo VIII, Lyell ensaya algunas hipótesis sobre el oscuro tema de cómo ocurrió la introducción original de especies y cómo a partir de ese estado inicial llegó a configurarse la distribución actual. Expone con un tono indulgente la narración elaborada por Linneo sobre la isla-montaña primigenia, en la que se congregaban todas las especies que actualmente habitan el mundo, y la refuta aduciendo dos razones: 1. Nunca hubo un océano universal, según se desprende de que los estratos más antiguos contienen restos de plantas terrestres, y 2. Desde la aparición de la primera porción de tierra firme han ocurrido muchas sustituciones completas de las especies de plantas y animales que habitan la Tierra. Si bien Linneo, quien sostenía la fijeza de las especies, afirmaba que existen tantas especies actualmente como las que en un principio fueron creadas, ya para la época de Lyell el estudio del registro fósil había revelado claramente el fenómeno de la extinción.

Lyell ensaya una explicación tentativa para la introducción original de especies, tanto terrestres como acuáticas:

> Each species may have had its origin in a single pair, or individual, where an individual was sufficient, and species may have been created in succession at such times and in such places as to enable them to multiply and endure for an appointed period, and occupy an appointed space on the globe (II: 124).

A partir de esta premisa, Lyell intenta explicar la distribución actual de la biota sobre la superficie del globo. Especula que aun si se pudiera distribuir a todas las es-

pecies por toda la superficie terrestre, eventualmente surgirían distintas provincias botánicas y zoológicas, debido a que *there are a great many natural barriers which opposed common obstacles to the advance of a variety of species* (II: 125).

Acepta que en el transcurso de las edades podrían surgir excepciones. Habría especies capaces de superar barreras físicas y climáticas, pues ya se conoce el extraordinario poder de dispersión de algunos grupos, pero podría predecirse, con toda seguridad, que tales excepciones no invalidarían la regla general de regionalización biótica. Así, el efecto de introducir un par de individuos de cada especie por distintos puntos de la Tierra sería la formación de áreas o regiones particulares, caracterizadas por ciertos grupos confinados a cada una de ellas.

Rechaza la idea de que existan "centros" o "focos de creación", es decir, áreas particulares de extensión reducida en las que hubo una congregación alta de especies, pues esta idea supone que hay puntos especiales donde la energía creativa ha actuado con mayor potencia, originando un mayor número de especies peculiares. Siendo consistente con su sistema, basado en buscar causas naturales, rechaza esas caprichosas fuerzas especiales, sobre las cuales no hay evidencia. Sin embargo, antes de seguir ahondando en esos pantanosos terrenos que regulan la *introducción* primaria de especies, razona que es importante primero tomar en cuenta las leyes que limitan su *duración* sobre la Tierra. Procede entonces a elaborar una amplia argumentación sobre un concepto esencial dentro de su sistema: la extinción de especies. Frente a la opinión de que sólo los individuos y nunca las especies pueden extinguirse, al menos mientras dure el planeta, Lyell sostiene que las especies también se extinguen. Cita la opinión antecedente del geólogo italiano Brocchi en el mismo sentido, quien afirmaba *the loss of species* (II: 128) de testáceos habitantes del Mediterráneo. Pero en vez de explicar las extinciones por catástrofes generales, tanto Brocchi como Lyell buscan una ley general que dé cuenta de la extinción gradual y sucesiva de especies. Sin embargo, hay una diferencia importante. Lyell termina desechando la causa sobre la extinción de especies que propone Brocchi, y que atribuye a *the diminution of the prolific virtue* (II: 129), pues no encuentra evidencia de especies vegetales que se hayan ido menguando hasta la extinción completa sin que hayan ocurrido como condición necesaria cambios perceptibles en las condiciones de existencia, que son precisamente los causantes de las extinciones, según Lyell. La causa de las extinciones debe buscarse en cambios en las estaciones, y no en ninguna oscura virtud prolífica menguada:

> Stations comprehend all the circumstances, whether relating to the animate or inanimate world, which determine whether a given plant or animal can exist in a given locality so that if it be shown that stations can become essentialy modified by the influence of known causes, it will follow that species, as well as individuals, are mortal (II: 130).

Hay así un determinismo ecológico en la concepción lyelliana sobre la distribución orgánica, que explica tanto la adaptación como la extinción de especies. Condiciones como el clima, el suelo, la exposición, entre otras, determinan la ocurrencia de ciertas especies y no de otras en localidades particulares. Pero hay además otros aspectos que también influyen. Retoma la idea de De Candolle acerca de que todas las plantas de un determinado país están en guerra unas contra otras. Ello implica introducir un factor contingente en la distribución orgánica, puesto que la especie que por azar se establece primero en una localidad particular tiende a excluir a otras que lleguen después. No son solamente sus propios recursos lo que permite a una especie mantenerse y extenderse en su localidad, sino que influye también de manera importante el número de especies enemigas o aliadas que habitan el mismo lugar y que interactúan con ella.

Introduce además otra idea que le permite pulir su concepción uniformitarista del mundo orgánico: la naturaleza permanece en un equilibrio que se establece por las relaciones benéficas y perjudiciales entre especies. Los insectos son particularmente importantes para preservar el balance entre las especies vegetales, ya que regulan de manera indirecta el número y la proporción de muchos grupos animales. Concluye, sin embargo, que las relaciones mutuas entre los componentes orgánicos e inorgánicos de la naturaleza es altamente compleja y que las estaciones de las distintas especies vegetales y animales dependen de numerosas circunstancias y de relaciones entreveradas.

Habiendo mostrado cómo las estaciones de las plantas y los animales están influidas no sólo por agentes físicos externos, sino por la abundancia o escasez de otras especies que ocurren en la misma área, Lyell continúa desarrollando en el capítulo IX su explicación sobre las causas de la extinción de especies. El razonamiento que elabora puede resumirse en los siguientes términos: las circunstancias, ya sean orgánicas o inorgánicas, que afectan a las especies, están cambiando perpetuamente. De ahí se sigue que las especies están sujetas a incesantes vicisitudes. Si tales cambios son lo suficientemente pronunciados para alterar el estado general de las estaciones, entonces ocurre la extinción de especies. Dentro de su concepción de una naturaleza en equilibrio dinámico, Lyell entiende a la extinción como parte del orden regular de la naturaleza. A partir de un principio de equilibrio, establece que la adición de una nueva especie a un área determinada, o bien el incremento en número de individuos de alguna que ya la habita, provoca necesariamente la disminución o extinción de otra. Puede haber fluctuaciones en la abundancia de las especies que no llegan a romper el balance numérico entre los conjuntos de especies, pero como hay una cantidad finita de recursos, el incremento numérico de los individuos de cualquier especie, incluso de una nueva, supone siempre la reducción de otra.

Lyell ilustra con casos particulares cómo la introducción de una sola especie puede

repercutir por vías múltiples e indirectas sobre el número de individuos de distintas especies. Por ejemplo, construye un escenario sobre los efectos pronunciados que tendría la llegada masiva de osos polares sobre icebergs a Islandia:

> By the aid of a such means of transportation, a great number of these quadrupeds might effect a landing at the same time, and the havoc which they would make among the species previously settled in the island would be terrific. The deer, foxes, seals, and even birds, on which these animals sometimes prey, would be soon thinned down.
>
> But this would be a part only, and probably an insignificant portion, of the aggregate amount of change brought about by the new invader. The plants on which the deer feed bering less consumed in consequence of the lessened numbers of that herbivorous species, would soon supply more food to several insects, and probably to some terrestrial testacea, so that the latter would gain ground. The increase of these would furnish other insects and birds with food, so that the numbers of these last would be augmented.
>
> The diminution of the seals would afford a respite to some fish which they had persecuted; and these fish, in their turn, would then multiply and press upon their peculiar prey. Many water-fowls, the eggs and youngs of which are devoured by foxes, would increase when the foxes were thinned down by the bears; and the fish on which the water-fowls subsisted would then, in their turn, be less numerous. Thus the numerical proportions of a great number of the inhabitants, both of the land and sea, might be permanently altered by the settling of one new species in the region; and the changes caused indirectly might ramify through all classes of the living creation, and be almost endless (II: 144).

Cualquier cambio, orgánico o inorgánico, produce un orden nuevo:

> Every new condition in the state of the organic or inorganic creation, a new animal or plant, an additional snow-clad mountain, any permanent change, however slight in comparison to the whole, gives rise to a new order of things, and may make a material change in regard to some one or more species (II: 146).

El hombre, que es una especie reciente, ha tenido un efecto particularmente importante sobre las estaciones:

> Man is, in truth, continually striving to diminish the natural diversity of the stations of animals and plants in every country, and to reduce them all to a small number fitted for species of economical use (II: 147-148).

Narra cómo en los distritos cultivados de Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda el hombre ha exterminado poblaciones locales de osos, lobos, tejones, gatos silvestres, jabalíes, águilas, cuervos, halcones, castores,

garzas, búhos, por citar sólo algunos de los animales más grandes y conspicuos. El hombre ha provocado una enorme revolución en el mundo orgánico en unos cuantos milenios. La extinción del dodo le parece a Lyell el ejemplo más claro de la influencia del hombre. Considera que el efecto indirecto más importante que ha tenido en el exterminio de especies ha sido la introducción de especies y razas domesticadas en áreas nuevas. Menciona las estimaciones que hicieron estudiosos españoles en América, como Acosta, Azuara y Ulloa, quienes contaron por miríadas los individuos de caballos, asnos, ovejas, puercos, por citar sólo algunas de las especies introducidas, que medraban exitosamente en estado feral, y cómo estas especies extranjeras han causado la extinción de multitud de especies nativas. Predice además que ese efecto proseguirá, *as the colonies of highly-civililized nations spread themselves over unoccupied lands* (II: 156).

Sin embargo, los estragos causados por el avance de la civilización humana, por enormes que puedan parecernos, no deben preocuparnos demasiado, pues no son sino parte de los procesos naturales:

> We have only to reflect than in thus obtaining possession of the earth by conquest, and defending our acquisitions by force, we exercise no exclusive prerogative. Every species which has spread itself from a small point over a wide area, must, in like manner, have marked its progress by the diminution, or the entire extirpation, of some other, and must maintain its ground by a successful struggle against the encroachments of another plants and animals (II: 156).

Según estos razonamientos, no debe sorprender que la acción de estas causas, prolongándose durante milenios, pueda llegar a provocar en el futuro cambios completos *in the state of the organic creation* (II: 157), iguales a las mutaciones sin fin dentro del mundo animado que han ocurrido en el pasado. Ello es predecible a partir de la uniformidad de su sistema.

En el capítulo X Lyell aborda la influencia de las causas inorgánicas sobre las habitaciones de las especies, es decir, sobre su distribución geográfica. Considera cambios del nivel de los continentes por efecto de terremotos, así como el efecto de cambios climáticos sobre las especies. Merece destacarse la forma en que utiliza estos cambios como argumento en contra de la teoría de la transmutación. A continuación se muestra la manera en que procede Lyell para desarrollar su tesis.

La inestabilidad de la superficie terrestre es tan grande que sólo el gran poder de dispersión de los organismos y la "providencia" pueden contrarrestar el exterminio de especies que ocasiona y resguardar la continuidad de la vida.

> Every flood and landslip, every wave which a hurricane or earthquake throws upon the shore, every shower of volcanic dust and ashes which buries a country [...] every advance of the sand-flood, every conversion of salt water into fresh [...]

> these and countless other causes displace in the course of a few centuries certain plants and animals from stations which they previously occupied. If, therefore, the Author of Nature had not been prodigal of those numerous contrivances before alluded to, for spreading all classes of organic beings over the earth [...] it is evident that considerable spaces, now the most habitable on the globe, would soon as devoid of life as are the Alpine snows, or the dark abysses of the ocean, or the moving sands of the Sahara (II: 159).

Así, las capacidades de difusión y migración les son indispensables a los seres orgánicos, si no para expandir su área de distribución, sí para repoblar las localidades de donde han sido desplazados por los cambios incesantes de la superficie terrestre. La función de las capacidades dispersivas de los organismos, lo mismo que de los agentes que los dispersan, no es pues expandir sus áreas de distribución ni producir mezclas entre habitantes de diferentes provincias, sino tan sólo evitar la extinción local. Ello explica el aparente contrasentido de la existencia de regiones estables y bien delimitadas a pesar de la prodigiosa capacidad de dispersión de los organismos.

Los efectos que tienen los cambios geográficos sobre la distribución de especies son principalmente dos: 1. Promover o retardar su migración, y 2. Alterar las condiciones físicas de las localidades que habitan. Lyell construye un escenario hipotético sobre los efectos que traería un hundimiento del istmo de Centroamérica. Tal fenómeno no sólo permitiría la migración e intermezcla de las especies marinas, sino cambios notables en las corrientes oceánicas, en la temperatura de las aguas y en la cantidad y distribución de la precipitación. Sin embargo, una conclusión a la que llega Lyell y que le parece digna de resaltar es que, si bien la operación de las causas orgánicas es uniforme, su efecto sobre los seres orgánicos es muy irregular, al menos para periodos relativamente limitados. Así, por ejemplo, razona:

> A new archipelago might be formed in the Mediterranean, the Bay of Biscay, and a thousand other localities, and may produce less important events than one rock which should rise up between Australia and Java so placed that winds and currents might cause an interchange of the plants, insects, and birds, of the latter countries (II: 165).

Lyell sigue desarrollando la tesis de la extinción como parte de los procesos naturales y expone sus razones contra la doctrina transmutacionista. En síntesis, la extinción es consecuencia de dos características de la naturaleza: 1. La adaptación de las especies a las particularidades físicas de las áreas que habitan, y 2. Los incesantes cambios en la geografía del globo:

> There are always some peculiar and characteristic features in the physical geography of each large division of the globe, and on these peculiarities the state of animal and vegetable life is dependent. If,

therefore, we admit incessant fluctuation in the physical geography, we must, at the same time, concede the successive of terrestrial and aquatic species to be part of the economy of our system (II: 168).

Tan sólo se requiere seguir las consecuencias lógicas de lo dicho sobre las estaciones y las habitaciones, con sus cambios incesantes, para concluir que las *species cannot be immortal, but must perish one after the other, like the individuals which compose them,* (II: 169). Sólo puede evadirse este resultado cuando se recurre a hipótesis tan peregrinas como la de Lamarck, *who imagined, as we have before seen, that species are each of them endowed with indefinite powers of modifying their organization, in conformity to the endless changes of circumstances to which they are exposed* (II: 169).

A Lyell le parece que en vez de recurrir a especulaciones abstractas, como las de Lamarck, mejor sería atenerse a los hechos conocidos. Contra la tesis transmutacionista del naturalista francés, argumenta que cualquier alteración de las condiciones físicas puede ser aprovechada por especies oportunistas, antes que otras especies que se ven perjudicadas por los cambios tengan tiempo de irse adaptando gradualmente a ellos. El cambio en la organización de los individuos que propone la teoría lamarckiana como respuesta a cambios ambientales implica un proceso que se lleva un tiempo dilatado. Las especies no tendrían oportunidad de irse adaptando paulatinamente porque otras ya presentes con ventajas para medrar en las nuevas circunstancias invadirían el espacio y las desplazarían. De esta manera, Lyell califica la tesis de Lamarck de mera especulación abstracta, contradicha por los hechos:

Lamarck appears to have speculated on the modifications to which every variation of external circumstances might give rise in the form and organization of species, as if had indefinite periods of time of his command, not sufficiently reflecting that revolutions in the state of the habitable earth, whether by changes of climate or any other condition, are attended by still greater fluctuations in the relative condition of contemporary species. They can avail themselves of this alterations in their in the favour instantly, and augment their numbers to the injury of some other species; whereas the supposed transmutations are only assumed to be brought about by slow and insensible degrees, and in a lapse of ages, the duration of which is beyond the reach of human conception (II: 173).

It is idle to dispute about the abstract possibility of the conversion of one species into another, where there are known causes so much more active in their nature, which must always interveing and prevent the actual accomplishment of such conversions (II: 175).

Un claro ejemplo de cómo una especie decae en el lugar que previamente habitaba cuando cambian las condiciones y tiene que contender contra otra especie más vigorosa, se encuentra en la especie humana. A Lyell le resulta muy claro que el proceso de exter-

minio que llevan a cabo los colonizadores ingleses es completamente natural:

> In this case the contest is merely between two different *races,* each gifted with equal capacities of improvement–between two varieties, moreover, of a species which exceeds all others in its aptitude to accommodate its habits to the most extraordinary variations of circumstances. Yet few future events are more certain than the speedy extermination of the Indians of North America and the savages of New Holland in the course of a few centuries, when these tribes will be remembered only in poetry and tradition (II: 175).

Después de analizar el fenómeno de la extinción y establecerlo como un hecho natural, Lyell concluye su modelo sobre el mundo animado enfocándose en el proceso opuesto, es decir, la formación de especies. Así termina por darle simetría a su sistema. Si las especies que ahora conocemos deben morir ineludible y sucesivamente, pues, como dice Buffon, el tiempo pelea en su contra, ¿cuáles son los procesos responsables de restablecer el número de especies? El número total de especies, ¿va disminuyendo gradualmente hasta que llega un periodo en el que se manifiesta un gran poder creativo, o bien se van formando especies continuamente? Tales son las preguntas que intenta resolver Lyell en el capítulo XI.

Hay que tomar en cuenta que el problema del origen de las especies era un asunto muy espinoso, que entre los estudiosos de la naturaleza se consideraba ajeno a la filosofía natural, propia más bien de la teología natural. De entrada, Lyell plantea la dificultad del problema: es más fácil demostrar la extinción de una especie que anteriormente fue numerosa, que demostrar el origen de una nueva que comienza en un solo punto a partir de nuevos individuos. A lo largo de la historia, señala Lyell, ciertamente cada vez se han ido descubriendo más especies, aun en los países más civilizados, aunque es difícil conjeturar si antes habían pasado desapercibidas o recientemente llegaron por migración. Pero habría que deslindar este hecho, que quizá sólo revela que en el pasado nuestra ignorancia sobre la naturaleza era mayor que en el presente, del punto de interés: ¿se siguen formando especies?

Para Lyell, la pregunta pertinente sería: ¿qué evidencias razonables habría que buscar para suponer que se estén originando nuevas especies? Responde que una sería el que se registrara repentinamente una nueva especie perteneciente a un grupo bien estudiado, un cuadrúpedo o una especie de árbol, por ejemplo, en países que han sido investigados profusamente, y se demostrara además que no habitan en otras regiones, verificando que no existen registros anteriores de ella:

> [T]hat within the last two or three centuries some forest tree or new quadruped might have been observed to appear suddenly in those parts of England or France which had been most thoroughly investigated; –that naturalist might have been

> able to shew that no such being inhabited any other region of the globe, and that there was no tradition of anything similar having before been observed in the district where it had made its appearance (II: 180).

Sin embargo, existe un elemento que dificulta grandemente tener evidencia positiva de la creación de nuevas especies: no se conocen las tasas de extinción ni de formación de especies. Lyell hace las siguientes conjeturas para ilustrar tal dificultad. Supone primero que la tasa de creación y extinción fuera de una especie cada año. Señala luego el gran desconocimiento que hay sobre la diversidad orgánica y hace notar que tan sólo de animales microscópicos se calcula que hay entre uno y dos millones de especies, y que en el océano debe haber todavía un número mayor de especies desconocidas. Si la extinción y la formación estuvieran uniformemente distribuidas tanto en el espacio como entre los diferentes grupos de plantas y animales, resultaría que entre los mamíferos terrestres de la Gran Bretaña, de los cuales existe una especie por 280 de todos los demás grupos, se requerirían unos ocho siglos para que se extinguiera una especie de mamífero y apareciera otra en toda el área de Europa. Por ello, la evidencia empírica sería muy difícil de obtener. Sólo después de tener registros completos de la diversidad orgánica a lo largo de muchos años se contaría con información clara para llegar a conclusiones positivas. Desafortunadamente no existen registros históricos sistemáticos de la diversidad.

Luego de plantear este panorama desesperanzador, Lyell termina señalando que la única evidencia disponible que puede dar luz sobre el origen de especies es el registro fósil. Establece así el programa a seguir: sólo ordenando temporalmente a las especies fósiles y conociendo bien su taxonomía se podría saber cuáles se han extinguido y en qué periodo vivieron. Disponer de esta información permitiría resolver una gran pregunta: si las especies se originaron de manera simultánea o sucesiva. Así termina su análisis sobre la distribución orgánica.

CONCLUSIONES

Se ha hecho notar que en el modelo de cambios orgánicos que elaboró Lyell hay dos conceptos centrales y recurrentes: 1. La adaptación, y 2. La extinción. Las especies son entidades que continuamente se extinguen y que van siendo remplazadas por otras nuevas. Extinción y creación son procesos determinados totalmente por los requerimientos adaptativos de las especies (Hodge, 1990). De la misma forma en que una especie se extingue porque su capacidad limitada de cambio no le permite adecuarse a los perennes cambios de las circunstancias, cuando una especie es creada, el lugar y el tiempo en el que se origina son los apropiados para que pueda medrar y florecer. Esa capacidad limitada de modificación es contrapuesta a la tesis lamarckiana de cambio orgánico ilimitado de los linajes.

También merece destacarse que, desde un inicio, a Lyell le interesó la distribución

orgánica como un medio para conocer las leyes que rigen la dinámica del mundo orgánico. El estudio de cómo se reparten espacialmente los seres animados le parece importante en tanto que puede ayudar a resolver las preguntas que le parecen fundamentales: ¿Son las especies entidades de duración ilimitada o bien se extinguen? ¿Se originan de manera simultánea o sucesiva? Sin embargo, no es de la biogeografía de donde obtiene las respuestas que da a estas interrogantes. Su modelo sobre el reino animado está ya preconcebido como una extensión de su sistema uniformitarista sobre el mundo físico: así como los continentes se levantan y desgastan hasta desaparecer en ciclos incesantes, las especies se crean para extinguirse, en un proceso sin dirección determinada. La adaptación de los organismos a sus estaciones determina tanto su origen como su extinción. De este modo resulta que la biogeografía de Lyell no es más que una parte, y por cierto no la más importante, de su sistema general.

La intención de Lyell fue aplicar sus principios gradualista y antiprogresionista al mundo orgánico. Las especies surgían y se extinguían de forma paulatina a lo largo del tiempo. No había por tanto periodos de generación ni de extinción masiva. Tampoco aceptaba que la generación de especies siguiera una progresión, es decir, una tendencia hacia una perfección mayor. Esta idea, apoyada por Lamarck, fue criticada acremente por Lyell. El hecho empírico era que en una secuencia estratigráfica se apreciaba una progresión que iba desde los invertebrados simples en los estratos más antiguos, para seguir con peces, anfibios, reptiles y mamíferos, cada uno en estratos sucesivamente más jóvenes. No obstante, Lyell sostenía que esa tendencia hacia una perfección mayor era ilusoria. Los mamíferos, por ejemplo, debían haber existido desde los estratos más antiguos, y seguirían existiendo en el futuro. Ello lo explicaba con dos tesis centrales en el sistema de Lyell: el determinismo ecológico y la circularidad de los cambios. De acuerdo con la primera, los seres organizados mantienen una adaptación perfecta a su entorno físico. La segunda supone que los cambios en las características físicas del planeta, como el clima y la geografía, cumplen largos ciclos. De ello se sigue que los mismos grupos de organismos aparecerán de tiempo en tiempo, como las constelaciones, cuando las circunstancias les sean propicias. Las especies ya no serán las mismas, pero los grupos persistirán en ciclos sin fin.

Hay una contradicción que Lyell no resuelve en su explicación biogeográfica: por un lado acepta como descubrimiento de la mayor importancia el reconocimiento de regiones de endemismo, y sin embargo, la causa de ese patrón, que no se explica por mera adecuación entre organismos y ambiente, ya no se indaga después. Su atención se dirige más bien a exponer la influencia de las condiciones inorgánicas y orgánicas sobre las estaciones de las especies. La explicación de las habitaciones queda reducida a dos ideas: 1. La suposición de que las especies se crean originalmente con una sola pareja (o un solo individuo en el caso

de las que se reproducen asexualmente), y 2. La de que su mantenimiento se debe a la dispersión constante de los organismos, proceso que contrarresta la extinción que potencialmente ocurriría por los cambios incesantes en las condiciones de existencia. Esto no deja de ser sorprendente, pues resulta que la causa que tiende a romper el patrón termina siendo la causa de su mantenimiento.

El rumbo que plantea para la investigación biogeográfica es explicar los casos excepcionales y aislados de dispersión, mientras que no dice nada sobre investigar lo que él mismo reconoce como el principal hecho empírico de la distribución orgánica, es decir, la existencia de áreas de endemismo. Tal investigación tuvo que esperar más de dos décadas para ser planteada por otro naturalista inglés, Philip Lutley Sclater, quien se preguntó por la relación que guardaban entre sí las diferentes regiones biogeográficas (Sclater, 1858).

Valga decir como comentario final que no es precisamente la originalidad lo que resalta en las ideas biogeográficas de Lyell. Es claro que los principios y conceptos principales los retoma de autores anteriores, principalmente de Agustín de Candolle. Ello no sorprende si se considera que su interés principal es desarrollar una explicación uniformitarista del mundo, incluido su componente orgánico. Lo que sí aporta es una recopilación exhaustiva de los medios y mecanismos de dispersión, tema que Darwin expondría después de manera notoriamente similar en *El origen de las especies.*

REFERENCIAS

Briggs, J. C., "Operation of Zoogeograhic Barriers", en *Syst Zool,* 1974;23:248-256.

Bueno, A. y J. Llorente, "El centro de origen en la biogeografía: historia de un concepto", en J. Llorente (comp.), *Centros de origen y vicarianza*, México, Facultad de Ciencias, UNAM, 1991.

Christie, J. R. R., "The Development of the Historiography of Science", en Olby *et al.*, *Companion to the History of Modern Science,* Londres, Routledge Press, 1990.

Darlington Jr., J. P., *Zoogeography: The Geographical Distribution of Animals*, 2a. ed., Cambridge, Mass., Museum of Comparative Zoology, Harvard University, 1966.

Gould, S. J., *Ever Since Darwin,* Nueva York, Norton, 1977, pp. 147-152.

Gould, S. J., *La flecha del tiempo* (*Time's Arrow. Time's Cycle*, 1987). [Versión en español de Carlos Acero Sanz, Madrid, Alianza Editorial, 1992.]

Guillaumin, G., *Metodología y causas verdaderas en la filosofía natural (1672-1859)*, tesis doctoral, UNAM, 1997.

Hodge, M. J. S., "Darwin Studies at Work. A Reexamination of Three Decisive Years 1935-1937", en Levere y Shea (comps.), *Nature, Experiment, and the Sciences,* Kluwer, 1990.

Hooykas, R., *The Principle of Uniformity in Geology, Biology and Teology,* Leiden, E. J. Brill, 1963.

Laudan, R., "The Role of Methodology in Lyell's Science", en *Stud Hist Phil Sci* 1982; 131(3): 215-249.

———, "Histories of the Sciences and their Uses: A Review to 1913", en *Hist Sci,* 1993; 31: 1-34.

Lyell, C. [1830-1833], Principles of Geology, 3 vols, Londres, Chicago, University Press (facsímil de la 1a. ed. inglesa, 1990).

Nelson, G., "From Candolle to Croizat: Comments on the History of Biogeography", en *Journal of the History of Biology,* 1978;11(2):269-305.

Porter, R., "Charles Lyell and the Principles of the History of Geology", en *British Journal for the History of Science*, 1976; 9: 91-103.

Rudwick, M. J. S., *The Meaning of Fossils*, Londres, Macdonald, 1972.

Sclater, P. L. [1858], "On the General Geographical Distribution of the Members of the Class Aves", en *J Proc Linn Soc London* (Zool.), 1972; 2: 130-145.

Simpson, G. G., *The Geography of Evolution,* Filadelfia/Nueva York, Clinton, 1965. [Existe traducción parcial de la editorial Eudeba, reproducida en Papavero y Llorente, *Principia taxonómica* VIII. "Los sistemas filogenéticos", México, UNAM, 1996.]

Whewell, W., *The Philosophy of the Inductive Sciences*, 2 vols., Londres, Parker, 1847.

———, *History of the Inductive Sciences*, Londres, Parker, 1857.

IV

EL TRANSFORMISMO
Y EL INICIO DE LA BIOLOGÍA



CAPÍTULO 11

JEAN BAPTISTE LAMARCK: LA PRIMERA TEORÍA COHERENTE DE LA EVOLUCIÓN

Ismael Ledesma

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Caballero de Lamarck, nació el primero de agosto de 1744 en Bazentin-le-Petit, Picardía, Francia, en el seno de una familia aristocrática venida a menos. Inició su educación en el colegio jesuita de Amiens, donde se formaría como sacerdote. Por su deseo de dedicarse a la milicia, abandonó el sacerdocio y participó en la guerra de los siete años, en varios frentes en el Mediterráneo y en la frontera este de Francia, haciendo viajes que lo acercaron al conocimiento botánico y a comenzar a herborizar. Se dice que como soldado se distinguió por su valor y tenacidad, sin embargo, una lesión lo obligó a dejar la carrera militar en 1768, luego de lo cual se estableció en París, donde trabajó en un banco, colaboró en periódicos y tomó cursos de medicina durante cuatro años, aunque poco a poco fue interesándose más por la historia natural, la química, la meteorología y la recolección de conchas, que complementaron sus inicios en botánica, los cuales prosiguió como alumno de Jussieu y herborizando al lado de J. J. Rousseau.[1]

Su afición por la colecta de plantas le llevó a la escritura de su primera obra, *Flora francesa,* para pasar luego a la observación de los cielos, el estudio de los cambios climáticos de la atmósfera y de ahí a pensar en el efecto de los cambios ambientales en los seres vivos. Apoyado por el mecenazgo de Buffon Lamarck ingresó al Jardín del Rey, que albergaba vastas colecciones de historia natural, enriquecidas como consecuencia de las expediciones napoleónicas. Buffon apoyó que el gobierno publicara la *Flora francesa* (1779), obra exacta, sencilla, que llegó a ser muy aceptada. De igual manera, el naturalista de Montbard gestionó el ingreso de Lamarck a la Académie Royale des Sciences, como parte de la sección de botánica, aunque presentó trabajos sobre otras temáticas, los cuales no tuvieron mayor atención, lo cual condujo a que tuviera mala relación con sus colegas.[2]

Convertido en 1781 en corresponsal del Jardín y del Gabinete del Rey pudo realizar

[1] Jordanova, L. J., *Lamarck*, FCE, México, 1990, p. 17; Burlingame, L. J., "Lamarck", en Ch. C., Gillispie (editor), *Dictionary of scientific biography*, vol. 7, Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1981, p. 584; Rostand, J., *Introducción a la historia de la biología*, Barcelona, Ediciones Península, 1979, p. 80.

[2] Rostand, J., *op. cit.*, p. 80; Jodanova, pp. 19-20.

numerosos viajes –en compañía del hijo de Buffon– para luego convertirse entre 1783 y 1790 en Guardián del Herbario Real, y a continuación en Bibliotecario del Museo de Historia Natural y, finalmente, en 1794 profesor de dicho museo, a cargo de la cátedra de Zoología –y no de Botánica como podría haberse pensado– responsable de enseñar la historia de los insectos, gusanos, moluscos y animales microscópicos. A partir de esta última posición comienza una etapa de intensa producción teórica que incluye su obra más conocida, *La filosofía zoológica* (1809).[3]

La vida personal de Lamarck tiene rasgos verdaderamente trágicos; su principal fuente de ingresos fue una pensión estatal que recibió como miembro de la citada academia, y su salud comenzó a decaer desde 1809, al desarrollar problemas de la vista –se dice que por el uso intenso de la lupa– quedando por completo ciego en 1818, aunque continuó con su trabajo dictando a una de sus hijas.[4]

Ciego, olvidado y en la miseria, el creador de la palabra biología murió en París el 28 de diciembre de 1829, sin que su familia tuviera recursos para el funeral, que al final se pagó con la intervención de la Academia de Ciencias.

SUS OBRAS

En 1779, Lamarck publicó *La flore françoise (La flora francesa)* –que por error aparece fechada en 1778– en tres volúmenes, que en la edición de 1805 incluirá un volumen adicional elaborado por De Candolle. Como parte de la *Gran Encyclopédié methodique* (Gran enciclopedia metódica) escribió los primeros tres volúmenes y la mitad del octavo del *Dictionnarie de botanique* (Diccionario de botánica), mismos que aparecieron en 1783, 1786, 1789 y 1795, que incluye un extenso *Discours préliminaire* (Discurso preliminar), e intenta desarrollar su método natural en un trabajo que tituló *Théatre universel de botanique* (Teatro universal de botánica). Como complemento del *Diccionario* elaboró la *Illustration des genres* (La ilustración de los géneros), que aparecieron en tres volúmenes en 1791, 1798 y 1800, incluyendo cerca de 900 láminas que describen géneros arreglados de acuerdo con el sistema de Linneo y el de Tournefort, algunos de los cuales fueron descubiertos por el propio Lamarck. En 1803 publicó dos volúmenes de *Introduction* a *la botanique* (Introducción a la botánica), como parte de la *Histoire naturelle des végetaux* (Historia natural de los vegetales), escrita por Mirbel.

Al alejarse del camino de la botánica y mostrando una preocupación integral por la naturaleza, publicó en 1794 sus *Recherches sur les causes des principaux faits physiques* (Investigaciones sobre las causas de los principales hechos físicos), obra que había redactado originalmente en 1780 –que consiste en una lógica físico-química–; en 1796, *Réfutatión de la théorie pneumatique* (Refutación de la teoría neumática), y *Mémoires de physique et d'histoi*re *naturelle* (Memorias de física y de

[3] Rostand, J., *op. cit.*, p. 80; Jordanova, L. J., *op. cit.*, pp. 22-23.
[4] Rostand, J., *op. cit.*, p. 80; Jordanova, L. J., *op. cit.*, pp. 22-23; Burlingame, L. J., *op. cit.,* p. 584.

historia natural). De ahí derivó su interés por la meteorología, publicando de 1800 a 1810 sus *Annuaire météorologique* (Anuarios meteorológicos) en once volúmenes.

Ya en el camino para la construcción de su teoría evolucionista, en 1801, escribe el *Système des animaux sans vertèbres* (Sistema de los animales sin vértebras), y en 1802 aparecerán las *Recherches sur I'organisation des corps vivants* (Investigaciones sobre la organización de los cuerpos vivientes), y la *Hydrogeologie* (Hidrogeología), textos que conducirán a la publicación en 1809 de su obra más famosa, la *Philosophie zoologique* (Filosofía zoológica). Entre 1802 y 1806 elaboró las *Mémoires sur les fossiles des envirions de Paris,* y como culminación de su concepción de lo viviente, entre 1815 y 1822 publicó la *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (Historia natural de los animales sin vértebras) que consta de siete volúmenes antecedidos de una introducción, y en 1820, el *Système analytique des connaissances de l'homme* (Sistema analítico del conocimiento del hombre).[5]

DEL ESTUDIO DE LA FLORA DE FRANCIA A LA *FILOSOFÍA ZOOLÓGICA*

Los vegetales: un punto de arranque de su concepción biológica

Lamarck inicia su preocupación por los vivientes a partir de la botánica, pero su visión de esta disciplina es muy diferente a la de Linneo; de hecho, éste fue uno de los factores que propiciaron la simpatía que Buffon tuvo por él. La comunidad científica francesa reconoció inicialmente a Lamarck debido a la publicación de la *Flora francesa,* donde introduce –como innovación– las claves dicotómicas para identificar a las plantas de su país. Para la identificación, Lamarck elimina a grandes grupos de plantas por el uso de características mutuamente excluyentes, lo cual conduce a que pueda determinarse rápidamente el nombre de cualquier planta. Este "método de análisis" como lo denominó el mismo Lamarck, era mucho más sencillo de usar en la identificación, que el "sistema artificial de clasificación de Linneo", basado en las diferencias sexuales entre las plantas, éste fue el elemento que más animó e impresionó a Buffon. En su *Discurso preliminar* explica las características de su método, y lo que él llamó "los fundamentos de la botánica", donde demuestra que su interés por las plantas implica preocupaciones teóricas y filosóficas, pues su intención es descubrir la posición de cada especie vegetal en una cadena graduada y unilineal de seres, lo que establece al comparar sus relaciones estructurales. Para él, la orientación de un "filósofo de la naturaleza" concierne más a los problemas de gran amplitud, que a los hechos pequeños –como él denomina a las preocupaciones de la mayoría de los naturalistas–; concibe a la naturaleza como algo integral, compuesta por los seres no vivos y los vivos, que divide en plantas y animales. Es esta visión de la totalidad y

[5] Burlingame, L. J., Lamarck en *Dictonary of Scientific*… pp. 584-594; Rostand, J., *op. cit.*, pp. 79-81.

sus procesos e interrelaciones lo que realmente le interesó.[6]

En este texto pretende demostrar la influencia del ambiente –y en especial del clima– en el desarrollo de los vegetales; por ejemplo, se refiere a que a partir de dos semillas de la misma planta que crecen en dos ambientes muy diferentes, pueden dar dos especies de plantas aparentemente diferentes. Fue consciente particularmente de los cambios en los vegetales en condiciones artificiales de cultivo, y se refiere a dichos cambios como degradaciones, que es el término que originalmente utilizó –por el influjo teórico de Buffon– para describir los procesos evolutivos en 1800. Para 1779, Lamarck aún creía en especies fijas, y pensaba que el ambiente originaba la producción de variedades, pero para 1800 extendió esta visión de la producción de variedades al origen de los organismos por abajo del nivel taxonómico de las clases.[7]

De acuerdo con Jussieu, decide que puede establecerse un arreglo jerárquico únicamente para grandes grupos o clases de plantas. Por ello, en esta etapa se enfoca a las clases, más que a los géneros o especies, que más tarde tendrán especial atención en su teoría evolucionista. En su artículo *Classe,* contenido en la *Flora,* hace una lista de las clases de plantas, arregladas en orden desde lo más complejo hasta lo menos complejo; con el fin de completar su visión del reino de los organismos vivos, Lamarck presenta una serie paralela de clases descendentes en el reino animal. Al hallar estas similitudes entre las plantas y los animales, encuentra el fundamento de lo que será su biología; en tanto que en otra tabla dispone a los seres no vivientes en orden de complejidad decreciente. Lamarck piensa que todas las sustancias minerales proceden de los seres orgánicos, siendo el resultado de la transformación de ellos y de sus productos de desecho, que con el tiempo se convirtieron en sustancias simples. La elaboración por Lamarck de estas tablas comparativas es una muestra de su concepción de la naturaleza como un todo,[8] pero al mismo tiempo revelan otra ordenación del mundo, pues las "producciones de la naturaleza" se redistribuyen en dos grupos y ya no en tres, con una diferencia en el criterio de organización, por eso Lamarck afirma en 1778 en la *Flora francesa*:

> Observemos primero un gran número de cuerpos compuestos de una materia bruta, muerta y que aumenta por la yuxtaposición de las sustancias que concurren en su formación y no por el efecto de ningún principio interno de desarrollo. Estos seres se suelen llamar seres inorgánicos o minerales... Otros seres están provistos de órganos propios para diferentes funciones y disponen de un principio vital muy marcado y de la facultad de reproducir su semejante. Se les ha agrupado bajo la denominación general de seres orgánicos.[9]

[6] Burlingame, L. J., *op. cit.,* p. 585.
[7] *Ibidem*.
[8] *Ibidem*, p. 586.
[9] Lamarck, J. B., en F. Jacob, *Lógica de lo viviente*, Barcelona, Salvat, 1977, p. 85.

A partir de las postrimerías del siglo xviii –con Pallas, Lamarck, Vicq d'Azyr, de Jussieu y Goethe– sólo existen dos tipos de cuerpos. El inorgánico es el no-viviente, el inanimado, el inerte, y el orgánico es el que respira, se nutre y se reproduce; es lo que vive y que –como Lamarck dice en la *Filosofía zoológica*– "necesariamente está sujeto a la muerte"; así, el ser organizado se identifica con lo viviente, y los seres se separan definitivamente de las cosas.[10]

Al intentar clasificar a los vegetales, desde los más complejos hasta los más simples, encuentra dificultades prácticas que lo conducen a trabajar en el sentido opuesto, de los más simples a los más complejos, idea que se reflejará en su concepción evolutiva posterior. Al mismo tiempo, traza una historia de la botánica, que incluye en la *Flora* en etapas, compartiendo con otros filósofos la idea de progreso en el conocimiento humano. Para Lamarck, el incremento en el progreso resulta inevitable si las circunstancias son favorables, concepto que aplicará tanto a la naturaleza como a la historia humana, y él encuentra una muestra de progreso en sus propias ideas al respecto de la búsqueda de un método natural de clasificación. Lamarck concibe que el reino vegetal posee un orden natural de clasificación, que inicia con clases simples y culmina con las complejas, reflejando el orden que ha seguido la naturaleza para la producción de esos grupos en el tiempo. Tal concepción evolutiva aparece ya delineada en la *Introducción a la botánica* de 1803, aunque en sus trabajos posteriores no deja de preocuparse por los vegetales, en los que llega a utilizar numerosos ejemplos de ellos.[11]

Su teoría de los elementos y los compuestos: una base de su visión de la naturaleza

Al momento en que se encomendó la reorganización del museo, sus primeros trabajos no tuvieron que ver con los invertebrados, sino con aspectos químicos, los cuales ocuparon su interés por varios años. Cuando Lamarck se inició en el estudio de la química en el decenio de 1770, en Francia aún se aceptaba la teoría de los cuatro elementos; por tal razón él creyó en ella toda su vida, a pesar de la revolución química derivada de los trabajos de Lavoisier. Tal concepto, aunque erróneo, forma parte de su visión del proceso evolutivo. En la teoría de los cuatro elementos de Lamarck, las diferencias entre los compuestos dependen del número y la proporción de tales elementos y de la fuerza relativa de las uniones entre los elementos, en las moléculas que conforman. Además, cada elemento tiene un estado natural en el cual se revelan sus propiedades reales, y varios estados modificados que se encuentran en los compuestos. Para Lamarck el más importante de los elementos es el fuego, el cual existe en tres estados principales: uno natural y dos formas modificadas, los cuales fueron fuego en un estado de expansión (o fuego calórico) y fuego fijo. Al utilizar estos tres estados

[10] Jacob, F., *op. cit.*, p. 85.

[11] Burlingame, L. J., *op. cit.*, pp. 585-586.

principales y sus modificaciones internas, Lamarck intenta explicar una gran cantidad de fenómenos físicos y químicos, tales como el sonido, la electricidad, el magnetismo, el color, la vaporización, la licuefacción y la calcinación. Posteriormente, en su teoría de la evolución, incluirá a la vida como otro fenómeno que será explicado por la actividad del fuego. Lamarck considera que el fuego no sólo explicará la mayoría de los procesos, sino que es el principio constituyente de los compuestos, por lo que intenta mostrar cómo las sustancias químicas en sus varios estados dependen de diferentes cantidades de fuego fijado, y una forma temporal de fuego fijado es el flogisto.[12] Un quinto elemento que podría considerarse es la luz.[13] La teoría que llamó "pirótica" o basada en el fuego, junto con su complemento la "neumática", basada en el aire, postulaban que la materia tenía una tendencia vigorosa a formar combinaciones con otras sustancias, lo que condujo a que explicara numerosas reacciones químicas en función de los diferentes estados físicos del fuego, que son la causa material del calor. Rechazaba la nueva química, ya que sus métodos dañaban los compuestos y generaban sustancias artificiales, y dado que son temporales las sustancias de los seres vivos al igual que los compuestos químicos, los primeros tienen una mayor duración, en tanto que la materia inerte es más volátil, por ello, el valor de la química es comprender todas las alteraciones físicas de la materia inerte y de la viva.[14]

En la visión integral de la naturaleza que tiene Lamarck, lo químico quedará supeditado a lo biológico, pues piensa que únicamente los seres vivos pueden producir compuestos químicos, dado que las plantas combinan directamente los elementos libres con el fin de producir una variedad de sustancias de diferente complejidad, para que luego diferentes animales que comen a las plantas elaboren otras y las más complejas sustancias son producidas por aquellos animales con la estructura fisiológica más altamente organizada. El proceso de formación de compuestos implica la modificación de los elementos fuera de su estado natural y entre más compleja sea una sustancia, más grande es su modificación. Cuando las fuerzas de la vida son removidas por la muerte, o cuando se eliminan los productos de desecho, los compuestos se desintegran, pues la tendencia natural de los compuestos es descomponerse hasta que los elementos regresen hacia su estado natural; en este proceso se producen todas las sustancias inorgánicas conocidas, por lo que para el reino mineral existe una cadena de los seres con degradación continua desde lo más complejo hasta lo más simple, siendo una cadena compuesta de individuos, más que de especies o de tipos de minerales.[15] La concepción anterior será fundamental en el establecimiento de la teoría evolucionista de Lamarck en 1800, mostrando un patrón similar de pen-

[12] *Ibidem*, p. 587.
[13] Nordenskiöld, E., *Evolución histórica de las ciencias biológicas*, Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1949, p. 364.

[14] Jordanova, L. J., *op.cit.*, pp. 101-102.
[15] Burlingame, L. J., *op.cit.*, p. 587.

samiento, que gira en torno a la degradación y a la irrelevancia de las especies.

En todas sus explicaciones, el fuego resultó un elemento crucial, de éste parte su teoría de los elementos y los compuestos, donde Lamarck mostró una orientación especulativa con énfasis en la visión de la naturaleza como un todo, en el que sus partes se encuentran interrelacionadas en procesos. La distinción entre seres vivientes y no vivientes fue crucial para lo que llamará "biología", su idea de la cadena de seres minerales será un fundamento de "su geología" y su teoría de los elementos y los compuestos ("su química") fue muy importante posteriormente para la formulación de su teoría de la evolución. Utilizó todo ello con el propósito de llegar a una definición materialista de la vida y para explicar su aparición (a través de la reproducción y de la generación espontánea), su mantenimiento y la manera en la cual gradualmente evolucionan los organismos vivos, incluyendo la emergencia de las actividades mentales superiores.[16]

A pesar de esta visión integral y de la búsqueda de las propiedades generales de los organismos, Lamarck enfatizó que los vegetales y los animales tienen profundas diferencias y por ello no existe una cadena continua que uniera a todos los seres orgánicos, entre los animales, las plantas (y los minerales) existe más bien una "línea de demarcación clara". Por eso rechazó repetidas veces, como invenciones de la imaginación, a los seres intermedios, llamados zoófitos (planta-animal), en los que creían muchos naturalistas del siglo XVIII. Las plantas representaban el grupo menos perfeccionado, eran pasivas y estacionarias, mientras que los animales resultaban activos y móviles; al reaccionar a los estímulos, las plantas lo hacían con lentitud y no poseían órganos internos diferenciados. Además, para Lamarck, en las plantas predominaba el carbono y en los animales el nitrógeno, por lo que eran químicamente distintos.[17]

Esta idea derivada de su interés inicial por la química, y su teoría de los elementos y los compuestos aparecerá enunciada con posterioridad en la *Historia natural de los animales sin vértebras,* donde escribe:

> La naturaleza inició la producción de animales y plantas al mismo tiempo, comenzando sus operaciones con cuerpos en esencia diferentes en razón de sus elementos químicos. Todo lo que la naturaleza consiguió producir en un grupo fue diferente de lo que pudo producir en el otro, aunque en ambos casos trabajó con planes sumamente análogos.[18]

El clima: un factor que afecta a los vivientes

Otro campo del conocimiento integral de la naturaleza que motivó la atención de Lamarck fue la meteorología, que desde 1776

[16] *Ibidem*, p. 587.

[17] Jordanova, L. J., *op. cit.*, p. 50.

[18] Lamarck, J. B., *Historia natural de los animales sin vértebras*, cit., en L. J. Jordanova, *op.cit.*, p. 50.

fue una de las temáticas que llamaron su atención, enfocándose a los efectos del clima sobre los organismos vivientes. En uno de sus primeros manuscritos al respecto (que jamás editó) manifiesta su interés en la búsqueda de principios generales y no en la reunión de pequeños hechos. Lo que Lamarck llamara meteorología forma parte de su visión integral de la naturaleza, tal como indicará luego en su *Hidrogeología,* donde establece que la física terrestre incluye tres campos: meteorología, hidrogeología y biología, y aunque originalmente intentó escribir las secciones correspondientes a cada uno de los tres campos, pospuso las referentes a la meteorología y la biología, hasta realizar una investigación posterior.[19]

En el decenio de 1780, relacionó sus estudios meteorológicos con sus investigaciones botánicas y para 1797 comenzó a publicar artículos respecto a meteorología, orientados a proporcionar explicaciones teóricas de los factores que producen los cambios de tiempo. Se dice que escribió sus *Anuarios meteorológicos* con la sola intención de ganar dinero, aunque utilizó dicha información para defender sus teorías y no pueden desligarse con la formulación de su teoría evolutiva –que coincide en el periodo de publicación de los *Anuarios*– dado que el clima resultará un elemento fundamental de ella, por lo cual resultaba muy importante poder comprender las leyes que regulan sus modificaciones y conocer los cambios que pueden producir en los organismos.[20]

Lamarck dividió las causas de las condiciones atmosféricas en dos grupos: las variables e irregulares en su acción, y las que estaban sujetas a "leyes regulares y progresivas". Estas últimas se relacionan principalmente con la astronomía, sobre todo con la Luna y el Sol, que actuaban en la atmósfera mediante la atracción universal. Como consecuencia de ello, se describían los fenómenos meteorológicos en función de un ciclo mensual compuesto de dos unidades de catorce días para las que lo determinante eran las fases de la Luna, aunque también influían factores geográficos, tales como montañas, costas, ríos, valles y bosques, que afectan "la constitución climática"[21] y que vendrían a ser "circunstancias locales". Sus consideraciones teóricas indican su patrón de pensamiento, pues cree que todos los cambios meteorológicos podrían explicarse como resultado de una causa general: la Luna, con irregularidades producto de "las circunstancias locales"[22] que originan la alteración. Nos encontramos ante una explicación del cambio meteorológico idéntica a la que dará para el cambio orgánico.[23]

Así, Lamarck piensa que pueden descubrirse las leyes que regulan el cambio del tiempo;[24] y aunque reconocía que era imposible la predicción de las condiciones climáticas, puesto que en su producción intervenían los dos tipos de causas mencionados, sÍ creía que el conocimiento de las leyes que operan en estos fenómenos le

[19] Burlingame, L. J., *op.cit.*, pp. 587-588.
[20] *Ibidem*, p. 588.

[21] Jordanova, L. J., *op. cit.*, p. 98.
[22] Burlingame, L. J., *op. cit.*, p. 588.
[23] Jordanova, L. J., *op. cit.*, p. 99.
[24] Burlingame, L. J., *op. cit.*, p. 588.

permitiría calcular el clima probable para una latitud determinada en cierto momento específico del año, y si aún no se comprendían completamente tales leyes regulares, era simplemente porque se carecía de un número suficiente de observaciones exactas. Con esto, para organizar la meteorología como ciencia, había que organizar a un ejército de observadores, que tomarían un registro del tiempo de acuerdo con un plan racional y uniforme, produciendo información susceptible de tratamiento matemático. Lo adecuado de esta información dependería de los instrumentos, de la precisión y programación exacta de las lecturas y de los procedimientos matemáticos idóneos, debiendo definir una escala de importancia de los parámetros: presión del aire, dirección del viento y temperatura, seguidos por la electricidad, humedad, evaporación del agua, lluvia y magnetismo.[25] Dichas leyes pueden existir y no se deben a ninguna fuerza sobrenatural, sino a sucesos físicos, tales como los que Benjamín Franklin identificó con la luminosidad y la electricidad terrestre.[26]

A pesar que la meteorología de Lamarck tenía esta visión científica, el campo de su actividad fue el que le produjo más descrédito, situación que se atribuye a varios factores. Entre ellos se encuentra su insistencia en la participación de la Luna, el haber utilizado la palabra "zodiaco" para referirse a la ubicación de ciertos cuerpos celestes, y al énfasis que le dio a la predicción del tiempo. Algunas personas identificaron todo esto con cuestiones astrológicas, que no fue el sentido en que pensaba Lamarck, pues incluso en su tercer *Anuario meteorológico* (1801) lamentó que se hubiese confundido su exposición sobre las probabilidades y la posibilidad de predecir el tiempo, con otro tipo de predicciones.[27]

Una controversia pública que afectó la vida de Lamarck se debió a que le recomendó al gobierno francés que estableciera un banco central de datos meteorológicos. Al seguir su sugerencia, Chaptal estableció dicho programa en el Ministerio del Interior en 1800, y una de las recomendaciones de Lamarck fue que se hiciera una observación meteorológica diaria de todas las partes de Francia, de acuerdo con procedimientos estandarizados e instrumentos. Sin embargo, el proyecto de Lamarck y su trabajo al respecto concluyó cuando Napoleón Bonaparte ridiculizó sus *Anuarios*,[28] a los que llamó "despreciables almanaques", al momento que el sabio francés intentó entregarle un ejemplar de su obra maestra, la *Filosofía zoológica*.[29]

La meteorología lamarckiana forma parte de su visión integral de la naturaleza, por ello el autor recomendó sus anuarios tanto a los agricultores como a los médicos, haciendo énfasis en la influencia de la atmósfera en los vegetales, como un hecho indudable y reconocido, de igual modo que no puede negarse la participación de la atmósfera en

[25] Jordanova, L. J., *op. cit.*, p. 99.
[26] Burlingame, L. J., *op. cit.*, p. 588.
[27] Jordanova, L. J., *op. cit.*, p. 100.
[28] Burlingame, L. J., *op. cit.*, p. 588.
[29] Jordanova, L. J., *ibidem*.

la vida animal, pues los cambios ambientales producen efectos fisiológicos muy específicos, señalando como ejemplos:

> Las variaciones del peso de la atmósfera inciden completamente sobre nosotros, aumentando o disminuyendo el tono de nuestros órganos y, con ello, acelerando o retardando la circulación de los fluidos corporales... las fluctuaciones de la temperatura abren o cierran los conductos por donde se da la transpiración... los cambios en la humedad atmosférica sustraen nuestro calor natural o lo mantienen...".[30]

Como se aprecia, su proyecto de ciencia de la meteorología –una ciencia del ambiente– se encuentra íntimamente relacionado con su proyecto de una ciencia de la vida.[31] Y la ciencia del ambiente estará fundamentada en su concepción química –su teoría de los elementos y los compuestos–, pues hay cambios en el ambiente como permutaciones en la materia, y esta noción de cambio se verá asimilada a su concepción del mundo vivo, atravesado por la escala de tiempo como duración. El pensar que la naturaleza tiene un carácter histórico es uno de los elementos distintivos del pensamiento de J. B. Lamarck.

Como sostiene Nordenskiöld, resulta imposible obtener una idea del pensamiento de Lamarck sin remontarnos a sus primeras obras, pues a lo largo de su vida se adhirió firmemente a las opiniones que sostuvo en su juventud.

Al seguir esta interpretación, debe comentarse que en sus *Memorias de física* y *de historia natural,* Lamarck trata de formular una teoría de la existencia que es una combinación de aspectos físicos y fisiológicos, partiendo de un ataque constante a lo que denomina "química neumática" –la nueva química o el método cuantitativo de Lavoisier–, pues considera que es absurdo el proceso de oxidación, pues resulta irracional que el oxígeno pueda ser un componente del aire y al mismo tiempo del agua.[32] Lamarck establece que hay una serie cambiante en el seno de las sustancias orgánicas, comenzando con la sangre, bilis, orina, sustancia ósea, cascarilla de caracol, que se continúa con "desintegraciones" cada vez mayores a través de cal de mariscos, mármol, yeso, hasta las piedras preciosas, metales y finalmente el simple cristal de roca.[33] De ahí derivará su preocupación por delimitar la vida con respecto al resto de la naturaleza.

LA FILOSOFÍA ZOOLÓGICA, UNA VISIÓN BIOLÓGICA ANTERIOR A LA CONSTITUCIÓN DE LA BIOLOGÍA COMO CIENCIA

En las *Recherches* de 1802, Lamarck elabora un análisis de la evidencia del incremento en niveles de complejidad, observado en el agrupamiento de los animales y las plantas en las clasificaciones, y presenta una

[30] Lamarck, J. B., *Anuarios meteorológicos*, cita en L. J. Jordanova, *op. cit.*, p. 100

[31] Jordanova, L. J., *op. cit.*, p. 101.

[32] Nordenskiöld, E., *op. cit.*, p. 364.

[33] *Ibidem*, pp. 264-265.

teoría de la evolución por dos factores: 1) la tendencia natural hacia la complejidad orgánica, como una manera de explicar la organización jerárquica de los grupos de organismos, y 2) la influencia del ambiente como el factor responsable de todas las variaciones de esta norma, ideas que serán el núcleo fundamental de la argumentación de su obra magna, *La filosofía zoológica.*

François Jacob señala que será determinante la nueva ordenación del mundo concebida por Lamarck, pues una vez aislados los seres de los demás cuerpos –aunque agrupados de manera diferente en función de su organización– ya no se plantea el problema de la génesis del mundo vivo en los mismos términos que la del mundo inanimado. Por esta razón, Lamarck propone que todas o la mayor parte de las formas vivas ya no se crean simultáneamente y con su complejidad, sino que se hacen derivar unas de otras mediante una serie de variaciones sucesivas; y debido a la acumulación de los efectos ejercidos sobre la estructura misma de los organismos, por la tendencia de la naturaleza a la progresión, la serie continua de los seres en el espacio puede resultar en una serie continua de transformaciones en el tiempo, por lo que la aparición y la variedad de los seres descansan en una característica de los vivientes mismos: su poder de variación y adaptación.[34]

Jacob ubica con gran claridad al transformismo como un elemento previo en el proceso de constitución de la biología como ciencia, cuando señala:

> Con el paso del siglo XVIII al XIX y el advenimiento de la biología, resulta posible atribuirle al tiempo alguna participación en la génesis de todos los seres que viven hoy día. En primer término porque, estando lo orgánico radicalmente separado de lo inorgánico, existe entre todos los seres un parentesco conferido por su pertenencia a lo vivo. Luego, porque la continuidad de lo viviente, que sólo nace de lo que vive, termina por desbordar el rígido cuadro de la especie. Finalmente, porque las relaciones entre los seres se establecen ya no a partir de sus partes constituyentes, entre sus órganos tomados uno a uno, sino de acuerdo con un conjunto que toma por referencia el sistema de orden superior que representa la organización. El grado de complejidad de los seres, su nivel de perfección, se miden ahora de acuerdo con lo que Lamarck llama las masas principales del mundo viviente. Cada una de estas masas posee su propia organización, su sistema de relaciones entre estructuras que se degradan poco a poco, desde los seres más complejos hasta los más simples. Son los órganos los que varían, pero sin paralelismos entre ellos, sin relación directa con la complejidad del organismo.[35]

Por ello, para Lamarck cualquier comparación entre los seres, toda clasificación que no se base en la organización, se ve destinada al error y a la arbitrariedad,[36] y así lo asienta en la *Filosofía zoológica* cuando

[34] Jacob, F., *op. cit.*, p. 86.

[35] *Ibidem*, p. 141.

[36] *Ibidem*, p. 124.

escribe: "Tal órgano de tal especie goza de su más alto grado de perfeccionamiento, mientras que otro órgano que en esta misma especie se encuentra muy empobrecido o muy imperfecto, se encuentra en otra especie muy perfeccionado".[37]

En cambio, si se consideran las "masas principales" puede captarse de inmediato la continuidad de la cadena, una escala de gradaciones que recorre el mundo viviente, desde la más simple extremidad hasta la más compleja, por lo que según Lamarck: "Para cada reino de los cuerpos vivientes existe una serie única y graduada en la disposición de las masas en conformidad con la creciente composición de la organización", y es la organización en su conjunto la que resultará objeto de la transformación.[38]

El concepto de organización de los seres vivos será fundamental en el esquema teórico de Lamarck. Dicho concepto rompe con la visión imperante de los seres vivos que eran entendidos como simples combinaciones de estructuras visibles, cuya continuidad lineal en el espacio y en el tiempo exigía una preservación de las formas por medio de los eventos de generación.[39] Para él, "la organización es de todas las consideraciones la más esencial para orientar una distribución metódica y natural de los animales".[40] El análisis y la comparación de los vivientes no sólo debe hacerse según los elementos que componen sus distintas partes, sino entre las relaciones internas que se establecen entre dichos elementos; así para Lamarck, el funcionamiento del organismo debe considerarse como una totalidad, como un conjunto integrado de funciones de órganos. Los seres vivos no serán estructuras aisladas en el vacío, sino que se insertarán en la naturaleza, con la que tendrán toda una serie de interacciones y al reunir a todos los seres aislados, por medio de la noción de organización, nos encontramos ante las condiciones para el surgimiento de la idea evolucionista. Como una consecuencia de tal visión, Lamarck rechazará la idea de la creación simultánea de las formas vivientes y los seres vivos derivarán unos de otros por variaciones sucesivas.[41]

Traza un claro límite entre el mundo orgánico y el inorgánico, y de ahí pasa a concebir al ser vivo como una unidad que trasciende su diversidad, centrando el estudio de los seres vivos en su organización[42] y no en la clasificación, en el sentido generalizado del término en cuanto a su tiempo. Así, la concepción de biología, como una ciencia unificada, aparece en Lamarck; aunque eso no significa que con él nos encontremos con la biología como una ciencia constituida.

Si analizamos detalladamente la *Filosofía zoológica* nos encontraremos con que es una obra que sintetiza con inmensa claridad la trayectoria intelectual de su autor; en verdad se trata de un resumen que perfila con

[37] Lamarck, J. B., en F. Jacob, *op. cit.*, p. 142.
[38] Jacob, F., *op. cit.*, p. 142.
[39] Senent, J., Presentación en J. B. Lamarck, *Filosofía zoológica*, México, La ciencia al pueblo, 1971, p. 13.
[40] Lamarck, J. B., *Filosofía zoológica.*, cit. por J. Senent en J. B. Lamarck, *op. cit.* p. 13.
[41] Senent, J., *op. cit.*, p. 14.
[42] *Ibidem*, p. 14.

contundencia lo que sería una concepción paradigmática de una ciencia, si ésta estuviera constituida.

En su advertencia introductoria a la *Filosofía zoológica* asienta que la experiencia en la enseñanza le hizo sentir qué tan útil sería esta obra, que definió de la siguiente manera:

> Un cuerpo de preceptos y de principios relativos al estudio de los animales e incluso aplicables a otras ramas de las ciencias naturales, pues nuestros conocimientos de los hechos zoológicos han hecho progresos considerables [...]. En consecuencia intenté trazar un esbozo de esta filosofía para usarla en mis lecciones y hacerme entender mejor por mis alumnos: en aquel momento no tenía ningún objetivo.[43]

Lamarck proviene del universo conceptual enseñoreado por la aristocrática presencia de Buffon; por ello su argumentación deberá partir de la noción de degradación, por lo que no resulta trivial que en la segunda página de su advertencia escriba: "Como podría yo en efecto, considerar la degradación singular que se encuentra en la estructura organizativa de los animales, a medida que se recorre su serie desde los más perfectos hasta los más imperfectos…"[44]

Lamarck declara de manera maravillosa cómo adquirió el mayor grado de evidencia cuando reconoció:

> que la más simple de las organizaciones no ofrecía ningún órgano especial, que el cuerpo que la poseía no tenía, ninguna facultad particular, sino las que son propias a todo cuerpo vivo y que, a medida que la naturaleza había logrado crear, uno a otro los diferentes órganos especiales y complicar cada vez más la organización animal, los animales según el grado de complejidad de su organización, habían obtenido características particulares, las cuales, en los más perfectos, son muchas y muy notables.[45]

Y a continuación prosigue: "Estas consideraciones, a las que no pude atender, me llevaron pronto a examinar en qué consiste realmente la vida y cuáles son las condiciones que exige este fenómeno natural para producirse y poder prolongar su duración en un cuerpo... Y los cuerpos son todos, desde los simples hasta los complejos".[46]

Lamarck sostiene en la *Filosofía zoológica* que todos los seres vivos son producto de la naturaleza, que a través de la generación espontánea ha producido de manera directa sólo a los seres más sencillos e imperfectos: los infusorios. A partir de distintos infusorios, como si se tratara de líneas paralelas, nunca convergentes, se han producido sucesivamente los demás seres, culminando con los mamíferos, que serían los más complicados y perfectos.[47]

[43] Lamarck, J. B., *op. cit.,* p. 23 (página 1 del texto original en francés).
[44] *Ibidem*, p. 24.
[45] *Idem*, p. 24.
[46] *Idem*, p. 24.
[47] Rostand, J., *op. cit.*, p. 81.

En la *Filosofía zoológica* sostiene que al estudiar al reino animal tal y como lo vemos hoy en día quedan evidenciadas las relaciones entre los seres, que distribuidos como "masas naturales", pueden situarse en una serie o cadena que muestra un progreso continuo en la organización. Tal manera de clasificar a los objetos naturales "sólo es el bosquejo trazado por el hombre, de la marcha que la naturaleza sigue para dar existencia a sus producciones", por lo que –dirá Rostand– "el orden de la clasificación de los seres corresponde, en resumidas cuentas, al de su nacimiento".[48]

No debemos pasar por alto que Lamarck ha escrito primero (1802) una obra dedicada a la investigación acerca de la organización de los cuerpos vivientes, y que de ahí derivarán los conceptos plasmados en la *Filosofía zoológica.* En su lógica, la clasificación se encuentra determinada por la organización y ésta conducirá a la transformación de las especies hacia el perfeccionamiento. Sin pensar como fisiólogo, Lamarck vincula en su pensamiento al funcionamiento, y por ende a la organización corporal, con una tendencia al perfeccionamiento que determinará los distintos tipos corporales y como consecuencia a la existencia de las diferentes especies. La opinión más corriente al respecto de Lamarck, lo señala como un vitalista y se dice que sostenía la idea de una "voluntad interior" que orientaba la transformación de los organismos; dicha idea obedece a una interpretación equivocada, pues nunca fue tan simple el pensamiento del guardián de los herbarios. En Lamarck se conjuntarán, en una coyuntura histórica particular, tanto elementos de un mecanicismo de origen buffoniano-newtoniano, como un vitalismo que le permitirán entender que la vida es un fenómeno particular y específico en la naturaleza.

Lamarck dice:

> Reflexionando sobre el poder del movimiento de los fluidos en las partes más flexibles que los contienen, pronto me convencí de que, a medida que los fluidos de un cuerpo organizado reciben aceleración en su movimiento, estos fluidos modifican el tejido celular en el que se mueven, abren pasos, forman canales diversos, y crean finalmente distintos órganos, según el estado de organización en el que se encuentran.[49]

Tal consideración tiene por cierto que:

> el movimiento de los fluidos en el interior de los animales se ha acelerado progresivamente con la mayor composición de la organización, y que la influencia de las nuevas circunstancias, a medida que los animales se habrían expuesto a ellas, al extenderse por todos los lugares habitables, han sido las dos causas generales que han llevado a los distintos animales al estado en que nos vemos actualmente.[50]

Para Lamarck, "la facultad de complicar la organización dependerá de la energía

[48] *Ibidem*, pp. 81-82.

[49] Lamarck, J. B., *op. cit.*, p. 25.

[50] *Ibidem*, p. 25.

motriz de los fluidos corporales que llegan a establecer canales e incluso constituir órganos en las partes más dúctiles del animal, por lo cual el mero ejercicio de la vida y de la función bastan para perfeccionar a la máquina viviente”.[51]

Éste será, a nuestro juicio, el concepto central de la concepción evolutiva de Lamarck: el de una tendencia intrínseca al perfeccionamiento, determinada por una causa eminentemente física.

Reparemos por un momento en las citas anteriores, y revisando su lenguaje nos percataremos de una concepción anclada en la visión física del mundo, y por ende en el mecanicismo. No obstante, el mecanicismo de este momento del siglo XIX no será ya estrictamente el símil del de Newton, estará influido por el impacto intelectual derivado del desarrollo de otra rama de la física, la mecánica de fluidos, la hidrostática, la hidrodinámica y la neumática. No obstante, la explicación lamarckiana no quedará ahí, y trascenderá los límites de la reducción fisicalista para invocar características peculiares y específicas del fenómeno vital. La Francia posrevolucionaria en la que vivió Lamarck contaba con una atmósfera intelectual de gran prolijidad científica, donde la mecánica de fluidos representaba un modelo científico con un arraigo nacional que viene desde el siglo XVII, pasando por los ludiones o diablillos de Descartes (1596-1650) o los toneles de Pascal (1623-1662), hasta el teorema de Bernoulli (1700-1782). Tal visión puede constatarse en el lenguaje que utiliza: energía motriz, fluidos, partes dúctiles, ejercicio o máquina.

Lamarck se verá influenciado por esta nueva tradición intelectual, pero la conjugará con sus propias interpretaciones dominadas por la idea de que la vida es una forma de organización que hace diferentes a los vivientes de otros seres de la naturaleza, por lo que su mecanicismo se conjugará con un vitalismo muy peculiar que conducirá a su nueva concepción. Por todo ello, el concepto central de la teoría evolucionista de Lamarck será el de la tendencia intrínseca al perfeccionamiento.

Sin embargo, aunque la tendencia intrínseca al perfeccionamiento sea el concepto central del lamarckismo, esto no significa que sea la explicación final del proceso. Si en la naturaleza sólo existiera esta tendencia a la complicación, el eslabonamiento graduado de los diferentes grupos de seres, a lo que llama “masas naturales”, sería absolutamente regular, lo cual no sucede, pues en el interior de un grupo –o “masa”– existen diferencias notables en el grado de organización. Así, por ejemplo, en un determinado grupo en cuyo plan de organización encontramos la presencia de patas o de ojos, hay animales que no tienen ojos o patas. Para explicar tales diferencias, Lamarck recurre a la acción determinante que han ejercido las circunstancias ambientales sobre los organismos en cuestión, si de manera primitiva pudieron tener patas u ojos, tal vez los hayan perdido por degradación, o bien adquirirlos por complejización. De ello se desprende que la degradación, a diferencia

[51] Rostand, J., *op. cit.*, p. 82.

de lo planteado por Buffon, no sería esencial, sino circunstancial.[52]

La acción de las circunstancias aparece como un factor que altera la progresión de la serie general de los animales, pues una progresión uniforme y constante sólo habría podido manifestarse regularmente en caso de que la génesis de los animales se hubiera efectuado en un medio uniformemente constante, y la acción perturbadora de las circunstancias se ejerce principalmente sobre los órganos que resultan esenciales para la vida, así como sobre los animales que tienen una organización más imperfecta.[53]

Lamarck escribe:

> Si la naturaleza hubiera dado sólo existencia a animales acuáticos, y estos animales acuáticos hubiesen vivido todos y siempre en un mismo clima, en la misma clase de agua, a la misma profundidad, etcétera, etcétera, seguramente habríamos encontrado entonces en la organización de dichos animales una graduación regular y matizada.[54]

En este orden de ideas, para Lamarck el medio ambiente no dirige la transformación –la evolución– de los organismos, sino que ésta se encuentra ya determinada por su propia naturaleza. La tendencia intrínseca hacia el perfeccionamiento será el factor determinante de la evolución orgánica, y el ambiente tan sólo tendrá el papel de modularla o conducirla hacia tal o cual sentido.

La obra de Lamarck ha sido constantemente mal interpretada y tergiversada, sus ideas se han manejado de manera prejuiciada y han sido objeto de interpretaciones erróneas, cuestión que se magnifica por la dificultad para conseguir las versiones originales de sus obras, así como por la falta de una visión integral del pensamiento biológico y su historia.

Por lo común se repite que Lamarck explica la evolución de los seres vivientes por la acción de las circunstancias o del medio externo, aunque en realidad dicha evolución está asegurada por las mismas propiedades de los seres vivos, por su organización y las circunstancias, el medio, no hacen sino perturbarla, pues modifican las necesidades del animal, de lo que se deriva la adquisición de nuevas costumbres que actuarán sobre la organización del animal. Por ejemplo, un animal que por efecto de un cambio de circunstancias tenga que reducir el uso de uno de sus órganos; este órgano, por vía de consecuencia, se atenuará, se degradará, e incluso puede llegar a desaparecer totalmente. De modo contrario, si las nuevas circunstancias obligan al animal a utilizar más que antes algún órgano determinado, éste se fortificará, se desarrollará e incluso podrá crearse un órgano en su totalidad como resultado de los esfuerzos y de los movimientos orgánicos creados por la necesidad.[55]

[52] *Ibidem*, p. 82.

[53] *Ibidem*, pp. 82-83.

[54] Lamarck, J. B., *op. cit.*, p. 125; en J. Rostand, *op. cit.*, p. 82.

[55] Rostand, J., *op. cit.*, p. 83; cit. Cap. VII de la *Filosofía zoológica*.

A consecuencia de lo anterior, Lamarck piensa que los cambios producidos por el uso o la falta de uso de las partes constitutivas de los organismos podrán preservarse y amplificarse, siempre y cuando mantengan su acción las mismas circunstancias durante varias generaciones sucesivas, pues el organismo no se modificará por completo en el curso de una vida individual, por lo que se requiere que se hereden a la descendencia las características adquiridas, que los cambios se acumulen de generación en generación y que a la larga conduzcan a una progenie transformada.[56]

En los párrafos anteriores encontramos perfectamente enunciadas las famosas nociones del uso y del desuso y de la herencia de los caracteres adquiridos, que como vemos aquí son elementos que derivan del concepto central de la teoría lamarckiana: la tendencia intrínseca al perfeccionamiento, y que Lamarck enunció como dos leyes, mismas que se desprenden de su argumentación central. Lamarck las enunció en los siguientes términos:

PRIMERA LEY

> En todo animal que no ha ultimado el término de su desarrollo, el uso más frecuente y sostenido de un órgano cualquiera fortifica poco a poco este órgano, lo desarrolla, lo agranda y le da una potencia proporcional a la duración de este uso; mientras que la falta constante del uso del mismo órgano lo debilita sensiblemente, lo deteriora, disminuye progresivamente sus facultades, y termina por hacerlo desaparecer.

SEGUNDA LEY

> Todo lo que la naturaleza ha hecho adquirir o perder a los individuos con la influencia de las circunstancias a que su raza se encuentra expuesta desde hace mucho tiempo, y por consiguiente bajo la influencia del empleo predominante de un órgano o por la de una falta constante de uso de tal parte, lo conserva a través de la generación de los nuevos individuos que provienen de ella, mientras que los cambios adquiridos sean comunes a los dos sexos, o a los que han producido estos nuevos individuos.

Lamarck prosigue: "He aquí dos verdades constantes que no pueden ser desconocidas más que de aquellos que nunca han observado ni seguido a la naturaleza en sus operaciones, o de los que se han dejado llevar al error que voy a combatir".[57]

Para ejemplificar sus leyes, Lamarck habla de diversos animales, la ballena, el oso hormiguero, el *Spalax* (una rata topo), el proteo (reptil acuático), serpientes, aves palmípedas, el canguro, peces, etcétera, así como de insectos y moluscos acuáticos[58] y cita al cirujano M. Tenon, quien dijo que el conducto intestinal de los grandes bebedores se hace más grande por el uso. Lamarck dice también que los miembros de los cetáceos se han acortado porque viven en un medio de gran densidad; que en la ballena y el oso

[56] *Ibidem*, p. 83.

[57] Lamarck, J. B., *op. cit.*, pp. 187-188.

[58] *Ibidem*, pp. 191-203.

hormiguero los dientes han desaparecido porque se tragan a sus presas sin masticarlas; que los ojos del *Spalax* se han atrofiado porque vive en la oscuridad subterránea; que en las serpientes, el cuerpo se ha alargado y las patas han desaparecido porque tienen la costumbre de arrastrarse; que determinados insectos han perdido sus alas porque han abandonado la costumbre de volar; que los moluscos acéfalos han perdido la cabeza porque el desarrollo del manto privaba ese órgano de empleo; y en el caso inverso, las aves palmípedas, de tanto golpear el agua con sus patas han desarrollado la membrana que une sus dedos, las zancudas han alargado sus patas haciendo esfuerzos por no hundirse en el cieno; las trepadoras han afilado sus uñas frotándose los dedos en la corteza de los árboles; la costumbre de estar de pie en los prados ha producido la pezuña de los herbívoros; la costumbre de pacer el follaje alto; ha estirado el cuello de la jirafa; la costumbre de lidiar entre los machos de rumiantes ha producido los cuernos...[59] Para el caso de los rumiantes, Lamarck escribe:

> En sus accesos de cólera que son frecuentes, sobre todo entre los machos, su sentimiento interno, sus esfuerzos, dirigen más fuertemente los fluidos hacia esta parte (el vértice) de su cabeza, y hace una secreción de materia córnea en unos, de materia ósea mezclada con materia córnea en otros, que da lugar a protuberancias sólidas; de ahí el origen de los cuernos y las astas, de los que la mayoría de los animales tienen armada su cabeza.[60]

El tan conocido ejemplo de la jirafa es descrito así:

> en relación con las costumbres, es curioso observar su resultado en la forma particular y la talla de la jirafa (*Giraffa camelopardalis*): sabemos que este animal, el más grande de los mamíferos, habita en el interior de África, y que vive en lugares en los que la tierra, casi siempre árida y sin hierba, lo obliga a pacer el follaje de los árboles, y a esforzarse continuamente para alcanzarlo. De esta costumbre resulta, después de largo tiempo, en todos los individuos de su raza, que sus piernas de delante se han vuelto más largas que las de detrás, y que su cuello se ha alargado de tal forma que la jirafa, sin levantarse sobre las patas traseras, eleva su cabeza y alcanza seis metros de altura (cerca de 20 pies).[61]

Más adelante, Lamarck anota:

> Cuando la voluntad determina a un animal a una acción cualquiera, los órganos que deben ejecutar esta acción se ven conducidos a ella por la afluencia de fluidos sutiles (del fluido nervioso) que se convierten en la causa determinante de los movimientos que la acción de que se trata exige. Una multitud de observaciones constatan este

[59] Lamarck, J. B., *op. cit.*, pp. 191-203; J., Rostand, *op. cit.*, pp. 84-85.

[60] Lamarck, J. B., *op. cit.*, p. 200.

[61] *Ibidem*, p. 200.

> hecho, que ahora no sabríamos poner en duda [...]. De esto resulta que las repeticiones multiplicadas de estos actos de organización fortifican, extienden, desarrollan e incluso crean los órganos que son necesarios. No hay más que observar atentamente lo que sucede en todas partes en este sentido para convencerse del fundamento de esta causa de desarrollo y de los cambios orgánicos.[62]

Como se aprecia, el concepto central de la teoría evolutiva de Lamarck es la tendencia intrínseca al perfeccionamiento, lo cual conduce como consecuencia a la ley del uso y del desuso, y que de manera accesoria incorpora la herencia de caracteres adquiridos –noción generalmente aceptada en su época– como una explicación de la conservación de las transformaciones, ante la ausencia de una teoría de la herencia.

Un ejemplo didáctico de la concepción evolutiva de Lamarck podría ser la de un globo atado a una llave de gas en algún laboratorio, donde al abrir la llave, el gas tiene una tendencia intrínseca a escapar y al globo le dará la forma que le permite el material del que está constituido. Si el globo es de la forma común, así se inflará, pero si antes de abrir la llave colocamos un cilindro que cubra al globo, entonces tomará una forma alargada, que le es impuesta por las paredes del cilindro. Así, podemos entender el papel de las circunstancias, de los medios, del ambiente, como un factor que "moldea" la expresión de la tendencia intrínseca a la perfección, que en este caso vendría siendo la presión de salida del gas.

La concepción de Lamarck, construida bajo el influjo de la mecánica de fluidos, es totalmente irreligiosa, y se deriva de su amplia experiencia en el trabajo directo con plantas y animales. Como se nota, Lamarck no es un vitalista en absoluto, pero tampoco podría considerarse como mecanicista ortodoxo en el sentido estricto del término. Ciertamente posee la influencia mecanística de la mecánica de fluidos, pero su idea del "sentimiento interior" lo rebasa.

Como apunta Jean Senent Josa:

> En el proceso de constitución de la biología como ciencia, dicha disciplina ha tenido que romper su dependencia de dos formaciones ideológicas preexistentes: el animismo (vitalismo en biología) y el mecanicismo. La combinación de ambas formaciones ideológicas define la coyuntura en la que se ha constituido la biología como ciencia, es decir, el estado sobredeterminado en el que se ha producido el corte epistemológico que abre paso a la biología científica... En la coyuntura histórica en la que se sitúa Lamarck, surge el mecanicismo como ideología ascendente y progresivamente dominante. Dicha ideología se apoya en los efectos de las transformaciones tecnológicas inducidas por la ciencia mecánica: el ser vivo será un mecanismo o una combinación de mecanismos. Frente al mecanicismo está el vitalismo. El vitalismo concibe una iniciativa de los seres vivos, una verdadera inteligencia orgánica [...]. Para el vitalista existirá un principio

[62] *Ibidem*, pp. 202-203.

vital, lo que comportará muchas veces una finalidad, un finalismo. F. Meyer ha considerado al vitalista como un vidente paralítico y al mecanicista como un ciego capaz de andar, pero el ciego y el paralítico serán hermanos enemigos.

Como señala Canguilhem, "habrá que terminar con la acusación de metafísico, de fantasioso, por no añadir más, que persigue a los vitalistas del siglo XVIII [...]. El vitalismo es el simple reconocimiento del hecho vital".[63]

La noción mecánica de "medio" llega a Lamarck por la influencia newtoniana, vía Buffon, aunque en la obra lamarckiana, en vez de medio habla de circunstancias influyentes, y en otras ocasiones dice *mileux* en plural, refiriéndose a fluidos como el agua, el aire y la luz; y la acción tanto de los *mileux,* como de las circunstancias imperantes, no es mecánica de ninguna manera, pues las modificaciones en las circunstancias conducen a cambios en las necesidades y éstos desembocan en cambios en acciones. Por eso, Canguilhem explica que la postura de Lamarck es dualista, pues a pesar de los cambios en las circunstancias el ser viviente no está abandonado a su medio; por ello, en Lamarck la visión mecanicista queda sometida a un vitalismo no finalista, dentro de una dualidad original de su pensamiento.

La idea lamarckiana de transformación posee un carácter en verdad novedoso y conjuga aspectos eminentemente físicos, con una visión integral de la organización del cuerpo viviente.

Al atribuir a la organización la cualidad de transformarse, Lamarck pudo realizar algo que fue imposible en el siglo XVIII: "unir al conjunto de los seres por una misma historia que da cuenta de su génesis sucesiva". A diferencia de la transformación por medio de desnaturalización o degradación en Buffon, para Lamarck tiene un sentido de ganancia de facultades, lo cual conduce a la adaptación, donde los diferentes tipos de organización no aparecieron simultáneamente; el tiempo llega a constituir uno de los principales operadores del mundo viviente, el encargado de hacer aparecer poco a poco todas las formas, unas de otras. Aquí aparecen tres factores que le proporcionan al tiempo su carácter creador: la sucesión, la duración y el perfeccionamiento de la organización. De ahí que lo que se llama especie; "sólo tiene una permanencia relativa en su estado, que no puede ser tan antiguo como la naturaleza". Esta idea, aplicada al conjunto de los seres, conduce a la conclusión de que no hay necesidad de la creación, pues "todos los seres organizados constituyen verdaderas producciones de la naturaleza, la cual los ha realizado sucesivamente".[64]

Beltrán destaca que para explicar los procesos de la evolución, Lamarck hace intervenir tres factores: las inclinaciones, los hábitos y el sentimiento interior, conceptos que frecuentemente han sido mal interpretados y distorsionados por el lenguaje.

A este respecto cita un párrafo de la *Filosofía zoológica:*

[63] Senent, J., *op. cit.*, p. 16.

[64] Jacob, F., *op. cit.*, p. 143.

El sentimiento de existencia, que nombraré sentimiento interior, a fin de separarlo de la idea de una generalidad que no puede tener, puesto que no es común a todos los cuerpos vivientes, es un sentimiento muy oscuro de que están dotados los animales que tienen un sistema nervioso asaz desarrollado para darles la facultad de sentir [...]. Este sentimiento, por oscuro que sea, es, sin embargo, muy potente, porque es la fuente de las emociones interiores que experimentan los individuos que lo poseen, y en consecuencia la de esa fuerza singular que pone a los individuos en el caso de producir ellos mismos los movimientos y las acciones que sus necesidades exigen. Y ese sentimiento, considerado como un motor muy activo, no actúa sino enviando a los músculos que deben operar esos movimientos y esas acciones el fluido nervioso que es su excitador.

En toda acción, el fluido de los nervios que la provoca sufre un movimiento de desplazamiento al que da lugar. Y cuando esta acción ha sido repetida muchas veces, no es dudoso que el fluido que la ha ejecutado no se haya trazado una ruta, que se vuelve tanto más fácil de recorrer cuanto más frecuentemente la ha franqueado; y que tiene una aptitud más grande a seguir esa ruta trazada que aquellas que lo están menos.[65]

[65] Beltrán, E., *Lamarck, intérprete de la naturaleza*, Sociedad Mexicana de Historia Natural, México, 1945, p. 38.

La acción del medio ambiente sobre los animales implica una participación reactiva y, en realidad, el medio no ejerce una acción directa sobre ellos. En cambio, en los vegetales que carecen de capacidad de respuesta, el ambiente sí actúa directamente. En suma, el ambiente actúa de distinta manera con los vegetales y los animales.

Así explica Lamarck las transformaciones de las plantas:

> En los vegetales, donde no hay acciones y, por consecuencia, tampoco hábitos propiamente dichos, los grandes cambios de circunstancias no provocan menos grandes diferencias en los desenvolvimientos de sus partes; de manera que estas diferencias hacen nacer y desarrollarse ciertas de ellas, mientras atenúan y hacen desaparecer muchas otras. Pero aquí todo opera por los cambios sobrevenidos en la nutrición del vegetal, en sus adsorciones y transpiraciones, en la cantidad de calórico, de luz, de aire y de humedad que recibe habitualmente; en fin, en la superioridad que algunos de los diversos movimientos vitales pueden tomar sobre otros.[66]

En la *Historia natural de los animales sin vértebras,* Lamarck enfatiza el carácter materialista de su concepción, lo cual queda plasmado en seis principios fundamentales:

1° Todo hecho o fenómeno que la observación puede hacernos conocer es esencialmente físico, y no debe su existencia

[66] Beltrán, E., *op. cit.*, p. 46.

o su producción, sino a los cuerpos o a las relaciones entre los cuerpos.

2° Todo movimiento o cambio, toda fuerza actuante, y todo efecto cualquiera, observados en un cuerpo, se deben necesariamente a causas mecánicas regidas por leyes.

3° Todo hecho o fenómeno observado en un cuerpo viviente es a la vez un hecho o fenómeno físico y un producto de la organización.

4° No hay en la naturaleza ninguna materia a la que sea propia la facultad de vivir. Todo cuerpo en el que se manifiesta la vida ofrece en el producto de la organización que posee y en el de una serie de movimientos excitados en sus partes, el fenómeno físico y orgánico que constituye la vida; fenómeno que se ejecuta y se mantiene en el cuerpo, en tanto que subsisten las condiciones esenciales a su producción.

5° No hay en la naturaleza ninguna materia que posea en propiedad la facultad de tener o formarse ideas y ejecutar operaciones entre esas ideas; en una palabra pensar. Ahí donde se muestran tales fenómenos (y se les observa de tal suerte en los animales más perfectos) se encuentra siempre un sistema de órganos particulares, propio para producirlos. Sistema cuya extensión o integridad están constantemente en relación con el grado de eminencia y el estado de los fenómenos de que se trata.

6° En fin, no hay en la naturaleza materia alguna que tenga en propiedad la facultad de sentir. Donde esta facultad puede comprobarse, y solamente ahí, se encuentra en el cuerpo viviente, que está dotado de ella, un sistema particular de órganos capaz de dar lugar al fenómeno físico, mecánico y orgánico, que sólo constituye la sensación.[67]

Lamarck decía que "no todos los animales están dotados de movimiento voluntario, es decir, la facultad de actuar por actos de voluntad, puesto que estos actos están esencialmente precedidos de premeditación". Y luego se preguntaba si "la facultad de sentir es realmente propia de todos los animales" y si por ello el sentimiento es realmente general a todos los animales, o si es una propiedad particular de algunos de ellos. A continuación afirma:

> No hay fisiólogo que no sepa perfectamente que sin la influencia de un sistema nervioso no se podría producir el sentimiento... y se sabe incluso que aquellos nervios que dan a ciertas partes la facultad de sentir, cuando se les lesiona dejan inmediatamente de manifestar esta facultad... el sentimiento es un fenómeno orgánico; que ninguna materia tiene la facultad de sentir, y que es solamente por medio de los nervios como puede producirse el fenómeno del sentimiento... un animal que carece de nervios no puede sentir.[68]

Luego prosigue: "El sistema nervioso debe estar muy avanzado en su composi-

[67] *Ibidem*, pp. 140-141.
[68] Lamarck, J. B., en E. Beltrán, *op. cit*., p. 144.

ción, para poder dar origen al fenómeno del sentimiento". Y de ahí, concluye que el sentimiento no puede ser general a todos los animales. Dice:

> En los más simples e imperfectos de los vegetales, la naturaleza no ha establecido sino la vida vegetal. No ha podido modificar el tejido celular de esos cuerpos y trazar diferentes clases de canales... Igualmente, en los animales más imperfectos y más simples en organización, no ha establecido sino la vida animal, es decir, el orden de cosas esencial para hacerla existir. Así, en los cuerpos gelatinosos y casi sin consistencia, que le bastan para este objeto, no ha podido agregar ningún órgano particular. Esto es evidente, y la observación de esos animálculos comprueba que no ha pasado de otra manera [...]. Que se busque todo lo que quiera en una mónada, en una volvocácea o en un proteo, nervios que conduzcan a un cerebro o una médula longitudinal, lo que es necesario para la producción del sentimiento, y se sentirá enseguida la inutilidad y aun el ridículo de esa búsqueda.[69]

De ahí que el sentimiento sea una propiedad inherente sólo a ciertos animales, y estará en función del desarrollo de su sistema nervioso central, y la definición de animal como aquel que posee la facultad de sentimiento y de movimiento voluntario.

Darwin menciona en la tercera edición de *El origen de las especies* la primacía de Lamarck en lo que toca a pensar en una evolución de los seres vivos basada en leyes naturales, sin la intervención de milagros y dice que fue el primero que despertó una especial atención por sus conclusiones en cuanto a la evolución. Lamarck fue, dice Darwin, un hombre de ciencia justamente célebre que:

> publicó por primera vez sus opiniones en 1801, las desarrolló considerablemente en 1809 en su *Filosofía zoológica* y en 1815 en su *Historia natural de los animales sin vértebras.* Sostuvo en sus obras la doctrina de que todas las especies, incluyendo al hombre, descienden de otras especies. Fue el primero que rindió a la ciencia el eminente servicio de declarar que todo cambio en el mundo orgánico, así como en el inorgánico, es el resultado de una ley de la naturaleza y no de una intervención milagrosa.[70]

LAMARCK Y LA POSTERIDAD

Lamarck, quien murió ciego, olvidado y en la miseria, creó la palabra biología y junto con ello la primera teoría coherente de la evolución. A él se deben también otras aportaciones que han perdurado. A Lamarck se debe el término invertebrados y aunque esa gran división fue propuesta en 1794, él le dio coherencia y la insertó en el contexto de la zoología que perduró. La noción de adaptación, como interacción entre

[69] *Ibidem*, pp. 144-145.

[70] Senent, J., *op. cit.*, pp. 8-9.

los organismos y el ambiente, es otro de los elementos derivados de su concepción, que con posterioridad a la consolidación de la biología como ciencia, serán asimilados por el evolucionismo y la ecología.

Otra de las principales aportaciones de Lamarck fue la tesis de que "la función precede a la forma", idea opuesta a lo que pensaba Geofrroy de Saint Hilaire, quien sostenía que primero se desarrollan las formas en los seres vivos, y una vez que éstas existen se llevan a cabo las funciones posibles; visión que llevada al extremo imposibilita una concepción evolucionista de los seres vivos. Según Stephen Jay Gould, la principal aportación de la obra de Lamarck es la idea funcionalista de la interdependencia recíproca entre la forma y la función en los procesos evolutivos, misma que se ha retomado en la actualidad.[71]

Oparin afirmó que Lamarck fue "un revolucionario de la ciencia" que rompió por primera vez con el dogmatismo imperante en aquella época, pues junto con Darwin, recae en él el mérito de haber establecido el método histórico en el conocimiento biológico.[72]

Como apunta Jean Senent Josa en el prólogo a una edición castellana de la *Filosofía zoológica*,[73] Lamarck rompe con el creacionismo y el fijismo, que representados por Cuvier tenían gran influencia en su época, e introduce por primera vez la noción de evolución, entendida como "desarrollo en el tiempo", además de reconocer una influencia determinante que ejerce el ambiente en las modificaciones del organismo, y "en dicha coyuntura teórica dominada por el materialismo mecanicista, es donde se inicia la constitución de la biología como ciencia".[74]

En fin, a Lamarck, el olvidado, el repudiado por muchos, la biología le debe más de lo que la tradición futura reconocería.

[71] Gould, S.J., *La sonrisa del flamenco*, RBA editores, Barcelona, 1995, pp. 29-30.

[72] Senent, J., *op. cit.*, p. 7.

[73] *Ibidem*, p. 8.

[74] *Ibidem*, p. 8.

CAPÍTULO 12

FORMA O FUNCIÓN EN EL NACIMIENTO DE LA BIOLOGÍA: LA POLÉMICA ENTRE CUVIER Y GEOFFROY SAINT HILAIRE

Juan Carlos Zamora

El volcán ha eruptado. ¡Todo está en llamas!
[...] *el debate ha llevado a una ruptura en la Academia.*
(Johann Wolfgang Goethe, al referirse a la controversia entre Cuvier y Geoffroy.)

Appel, 1987:1.

INTRODUCCIÓN

En 1830 se realizó un debate público que se hizo célebre en toda Europa. Fue protagonizado por los naturalistas franceses Georges Cuvier y Étienne Geoffroy Saint Hilaire en la Academia de Ciencias de París, frente a un público que incluía a científicos y gente de diversas disciplinas y actividades que participaba activamente con gritos, insultos y manifestaciones diversas.

Uno de los personajes que presenció esta confrontación fue el poeta y naturalista alemán Goethe. En una conversación que tuvo con Frédéric Soret, un traductor de sus libros al francés, señaló que el conflicto era de tal magnitud que había generado un cisma en la academia francesa en donde se llevó a cabo (Appel, 1987:1). Ciertamente esta institución científica fundada dos siglos atrás no sufrió modificaciones sustanciales debido al enfrentamiento. Sin embargo, la controversia tuvo repercusiones de gran trascendencia al contribuir al establecimiento y diferenciación de dos tradiciones de investigación de los seres vivos fundamentales para la biología.

La disputa cobró la atención de los franceses y europeos en general, debido a que fue interpretada como una pugna entre posturas diferentes sobre ciencia, filosofía, política y religión. No obstante, el debate público formó parte de una polémica menos conocida entre dos diferentes maneras de relacionar la forma y la función de los seres vivos. Estas dos posturas conformaron distintas disciplinas de investigación de los seres vivos basadas en el estudio de la anatomía. Aun cuando hubo múltiples naturalistas que sustentaron una u otra doctrina, fueron Cuvier y Geoffroy quienes las consolidaron al fundamentarlas en metodologías de estudio bien definidas.

La disciplina defendida por Cuvier establecía que la estructura anatómica de

un ser vivo y, a partir de ello, todas sus propiedades, deben estudiarse con base en la determinación de las funciones adaptativas de la especie a la que pertenece. Debido a ello, actualmente se denomina *funcionalismo* (Russell, 1982, reimpresión del texto de 1916; Appel, 1987; Asma, 1996; Amundson, 2005). Sin embargo, en el siglo XIX era conocida como *teleología* en Inglaterra (Appel, 1987:223) y en los países europeos en general como *doctrina de causas finales* o *doctrina de condiciones de existencia* (Whewell, 1967, reimpresión del texto de 1857) *utilitarismo* (Goethe, 1988a), y de otras maneras.

El funcionalismo había sido utilizado desde el siglo XVII en Inglaterra, en el marco de la teología natural, para exhibir múltiples estructuras adaptativas de los seres vivos como creaciones divinas. Sin embargo, fue hasta principios del siglo XIX cuando se estructuró como una tradición de investigación de las diversas características de los seres vivos con una metodología de estudio claramente delimitada tanto en ese país como en Francia, en gran medida, por la influencia de las ideas de Cuvier.

Por otro lado, la disciplina propuesta por Geoffroy Saint Hilaire planteaba que la anatomía de un grupo de especies y, con ello, toda su historia natural, deben estudiarse con base en la determinación de un plan morfológico básico o arquetipo. Debido a que proponía concentrarse en el estudio de la forma orgánica, hoy en día es designada *formalismo* (Russell, 1982, Asma, 1996). No obstante, también se le ha dado el nombre de e*structuralismo* (Asma, 1996; Amundson, 1998) e *idealismo* (Hull 1989). En el siglo XIX era conocida como *filosofía anatómica* en Francia (Appel 1987: 223), *morfología* en Alemania (Goethe 1988b), y era común que los naturalistas europeos la denominaran *teleología de orden superior* (Ospovat, 1981: 22-3), *doctrina de unidad de tipo* o *teoría de análogos* (Whewell, 1967), entre otros términos.

El formalismo fue empleado al realizar investigaciones de los seres vivos desde principios del siglo XIX en Francia, en gran medida por la influencia de las ideas de Geoffroy. En esta misma época, en Alemania se conformó una disciplina conocida con el término de *morfología*. Esta última también tuvo un carácter formalista, debido a que se fundamentó en el estudio de la forma orgánica. Sin embargo, a diferencia de la doctrina defendida por Geoffroy, la morfología se dedicó principalmente al estudio de la transformación de la estructura de los seres vivos que se lleva a cabo durante el desarrollo. Debido a ello, se basó en investigaciones embriológicas y no tanto en el estudio de la anatomía.

A pesar de lo anterior, por su carácter formalista, la morfología y las ideas de Geoffroy se influenciaron de manera recíproca. Como resultado de lo anterior, la metodología propuesta por Geoffroy fue adoptada por los naturalistas alemanes consolidando a la morfología como una disciplina con un procedimiento de estudio anatómico bien definido.

Este trabajo tiene como finalidad mostrar que Cuvier y Geoffroy defendieron posturas extremas del funcionalismo y el formalismo. Otra intención del texto es enseñar que ambos naturalistas propusieron ideas encontradas no sólo sobre anatomía e historia natural de los seres orgánicos, sino también sobre ciencia, filosofía, política y religión.

A partir de lo anterior, se pretende explicar cómo la defensa de estas ideas y prácticas opuestas llevó al debate que nos ocupa. De igual manera, este estudio se pone como meta exponer los principales factores involucrados en la polémica, tanto los conceptos fundamentales y las metodologías de estudio que se opusieron, como los aspectos políticos, sociales y religiosos más importantes involucrados en la misma.

Además, este escrito se propone mostrar cómo la polémica contribuyó para que se difundieran las posturas sustentadas por Cuvier y Geoffroy. Y se plantea la labor de exhibir cómo fueron recibidas las ideas y prácticas de los investigadores de nuestro interés en las diferentes comunidades de naturalistas europeos, en la época en la que se llevó a cabo la controversia. Asimismo, se hace a la tarea de presentar las razones primordiales por las que la controversia ha sido interpretada de múltiples maneras en diferentes épocas y lugares.

Sin embargo, el objetivo más importante de este escrito es resaltar la importancia del debate en la consolidación del funcionalismo y el formalismo como dos disciplinas diferentes que por primera vez en la historia se dedicaron exclusivamente al estudio unificado de las diversas características de los seres vivos. Con ello, pretende contribuir a entender cómo las controversias científicas han influido en el desarrollo de la ciencia.

Para lograr lo anterior, en la primera parte del texto se presentan los antecedentes históricos más importantes de la disputa académica, en la segunda parte se expone la confrontación que nos ocupa para que en la tercera parte se ubique en su contexto histórico. En la primera parte se muestran las principales ideas y prácticas relativas al estudio de la anatomía de los organismos sustentadas desde los antiguos griegos hasta el siglo XIX. Entre estas ideas y prácticas se encuentran las influencias esenciales para que Cuvier y Geoffroy plantearan sus doctrinas.

Para dar cuenta de los antecedentes más importantes de la controversia se exponen conceptos y prácticas de filósofos y naturalistas trascendentales anteriores a los investigadores que nos ocupan, entre ellas, las de Aristóteles y Kant. Estos pensadores formularon ideas que fundamentaron tanto el funcionalismo defendido por Cuvier como el formalismo propuesto por Geoffroy.

Además, se presentan las investigaciones de naturalistas anteriores al siglo XIX que utilizaron planteamientos formalistas para explicar la anatomía de algunas especies, entre ellas, las realizadas por los franceses Georges Buffon, Louis Daubenton y Felix Vicq d'Azyr. Y se

explica la metodología para clasificar a las plantas por medio de consideraciones funcionalistas propuesta por el botánico de esa época y país, Antoine de Jussieu.

Para conocer cuáles fueron las influencias y repercusiones fundamentales de la controversia también se describen los principales planteamientos y prácticas del funcionalismo inglés y del formalismo alemán. Ello permitirá comprender cómo estas tradiciones influyen en Cuvier y Geoffroy y se consolidan al incorporar las metodologías propuestas por estos naturalistas.

En la segunda parte del escrito se explican los conceptos que fundamentan las metodologías propuestas por el funcionalismo de Cuvier y el formalismo de Geoffroy. Aunado a ello, se dan cuenta de las principales teorías e ideas que cada uno de estos naturalistas defendió por medio de las metodologías que postularon. Y se exhibe cómo la defensa de estas ideas y prácticas desencadenó la polémica entre ambos investigadores, incluyendo el debate público. Con ello, se muestran los factores sociales, políticos y económicos más importantes que influyeron en el establecimiento de las posturas referidas y en la controversia que nos ocupa.

En la tercera parte se retoman las ideas sobre anatomía, biología, historia natural, ciencia, filosofía, política y religión que se enfrentaron en la polémica. A partir de ello, se muestran las diferentes maneras en las que se ha interpretado la misma de acuerdo con la historia y las condiciones de los lugares y épocas en donde se han llevado a cabo dichas interpretaciones.

Al final de esta última parte se explican las razones por las cuales las metodologías que propusieron Cuvier y Geoffroy fueron determinantes para que el funcionalismo y el formalismo se consolidaran en las comunidades de naturalistas de Francia, Alemania e Inglaterra como disciplinas de estudio integral de las diferentes propiedades de los seres vivos. A partir de ello se exhibe cómo estas maneras de estudiar el mundo orgánico fueron esenciales para que se desprendiera la investigación de lo vivo del estudio del mundo natural en general. Así, se muestra cómo ambos naturalistas y la polémica que protagonizaron jugaron un papel relevante en el nacimiento de lo que actualmente denominamos biología.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA POLÉMICA

Arquetipos platónicos

Podemos encontrar diversos conceptos sobre el mundo orgánico en múltiples filósofos y naturalistas griegos de la Antigüedad. No obstante, los pensadores helénicos que tuvieron una mayor influencia, no sólo en la investigación de los seres vivos, sino en el pensamiento occidental fueron Platón y Aristóteles.

El propósito de esta primera parte es mostrar las ideas que sustentaron las investigaciones del mundo orgánico de carácter funcionalista y formalista. Debido a ello, se aborda el análisis de los conceptos de Platón

y Aristóteles que repercutieron de manera importante en el estudio de la forma y función de los seres vivos. No examina otras ideas expuestas por dichos filósofos.

Platón (427-347 a.C.) influyó en el estudio de la forma y la función del mundo orgánico principalmente por sus ideas sobre el conocimiento del mundo y sus seres. En relación con este punto, el filósofo de nuestro interés estableció la existencia de dos mundos. Por una parte, concibió al *eidos*, un mundo compuesto de Ideas o *arquetipos* perfectos e inmutables que es pleno al presentar todas las formas posibles. Y, por otro lado, ubicó al mundo natural, conformado por seres sujetos al cambio y la corrupción que fueron creados como copias de las Ideas.

Al colocar a los arquetipos en el mundo de las Ideas, este filósofo consideró que los seres naturales presentan *arquetipos externos* a ellos mismos. Además, sustentó la existencia de arquetipos abstractos de dichos seres, carentes de una forma determinada (Platón, 1993, *Timeo*:687). A pesar de lo anterior, llega a referirse a la Creación divina de un arquetipo visible de los animales (Platón, 1993, *Timeo*:672).

Platón afirmó que el conocimiento verdadero se obtiene a partir del estudio de disciplinas que principalmente utilizan la razón, como la filosofía y las matemáticas. Con ello, niega la veracidad de lo que se desprende de la observación del mundo y sus seres. En consecuencia, declaró que lo establecido como verdadero por medio de la razón no tiene que ser verificado por lo que percibimos por los sentidos.

A partir de lo anterior, Platón descartó la importancia de las investigaciones empíricas del mundo natural. Al no interesarse en el estudio de los seres vivos, habló poco de ello. No obstante, su idea de arquetipo fue esencial en el estudio del mundo orgánico en general, y específicamente en las investigaciones anatómicas de los seres vivos de carácter formalista.

El principal alumno de Platón fue Aristóteles. Si bien este filósofo retomó algunos conceptos de su maestro, se alejó de lo propuesto por Platón en múltiples aspectos. Por una parte, se interesó en el estudio del mundo natural y de los seres vivos. Derivado de ello, planteó lo que serían las bases de las metodologías propuestas tanto por Cuvier como por Geoffroy. Esto se debe a que unificó el funcionalismo y el formalismo para investigar la anatomía y las características primordiales de los seres orgánicos.

La integración del funcionalismo y el formalismo en Aristóteles

Aristóteles (384-322 a.C.) refutó la existencia real del mundo de las Ideas. Además, estableció que era necesario recurrir tanto a la razón como a los sentidos para llegar a la verdad. Debido a lo anterior, a diferencia de Platón, realizó estudios del mundo natural basados en la observación. Y mostró especial interés en la investigación de los seres vivos.[1] Con ello, formuló

[1] Las principales ideas sobre el mundo orgánico planteadas por Aristóteles son expuestas de manera breve y precisa por uno de los editores de este escrito, Jorge Llorente Bousquets, junto con

ideas que fundamentaron mucho tiempo después el funcionalismo y el formalismo en el estudio del mundo orgánico.

El funcionalismo propuesto por este naturalista se basa en lo que denominó la causa final de las cosas. De acuerdo con Aristóteles (1984, *Metafísica* I 3, 983a24-32) todo ente presenta cuatro causas: material, formal, eficiente y final. La causa material es *aquello de lo que* está hecha la cosa, su materia (por ejemplo, la madera de una mesa), la causa formal *aquello que* da a cada cosa su forma (en el ejemplo, los planos a partir de los cuales se construye la mesa), la causa eficiente *aquello por lo que* algo acontece, es decir, el agente que produce la cosa (en el ejemplo, el carpintero), y la causa final *aquello para lo que* existe la cosa, es decir, su propósito o finalidad (en el ejemplo, el que exista una mesa para poner objetos sobre ella).

Aristóteles denominó a la causa final *telos*. Por esta razón se ha utilizado el término teleología para referirse a explicaciones que recurren a finalidades, propósitos o necesidades. Es importante hacer notar que existen diferentes maneras de hablar acerca de finalidades y, por lo tanto, distintas teleologías. Una de ellas es el funcionalismo. Por lo tanto, para evitar confusiones distinguiremos entre teleología y funcionalismo al definir ambas denominaciones de una manera más clara.

Ciertamente la teleología es un tema ampliamente debatido por filósofos, historiadores y científicos. Debido a ello, existen múltiples definiciones del término.[2] En este trabajo se considera que, al denotar una finalidad, implica la predeterminación de un estado futuro. Consecuentemente, se emplea el término *teleología* como *cualquier cambio predeterminado*.

Es pertinente señalar que se han planteado criterios más específicos para delimitar a la teleología. Sin embargo, utilizaremos este vocablo en un sentido general para, a partir de ello, caracterizar al funcionalismo de una manera más particular. Por ser una clase de teleología el funcionalismo puede concebirse como una transformación establecida de antemano. No obstante, tiene características más específicas que enunciaremos a continuación.

El funcionalismo propuesto por Aristóteles considera que un ente (por ejemplo, *un árbol*) presenta necesidades o condiciones de existencia (en el ejemplo, *la necesidad que tiene el árbol de cubrirse*) que determinan la causa final o el propósito para el cual existen sus partes (en el ejemplo, *las hojas existen para cubrir el árbol*). Por lo tanto, la existencia de una parte, el nivel inferior, está determinada por la función que cumple con respecto a las necesidades del todo, el nivel superior (Lenoir, 1982; Kahn, 1985; Kullman, 1985).

El filósofo de nuestro interés dio cuenta de la presencia de múltiples estructuras

---

Nelson Papavero y David Espinosa-Organista, en *Historia de la biología comparada. Volumen I. Del Génesis a la caída del Imperio romano de Occidente* (Papavero *et al.*, 1995).

[2] Las definiciones de teleología más empleadas en el estudio de los seres vivos son explicadas por James Lennox (1992) en el capítulo Teleología, presente en *Palabras claves en la biología evolucionista*.

de plantas y animales a partir de conceptos funcionalistas. Por ejemplo, Aristóteles (1984, *Partes de animales*) afirmó que los huesos existen para proteger y soportar la carne (II 8, 653b34-5), los vasos sanguíneos para transportar la sangre (III 4, 665b12-4; III 5, 667b18-21), y el corazón para ser la fuente primaria de los vasos sanguíneos (III 4, 665b16). Así, este naturalista planteó que una parte u órgano existe para cumplir una función adaptativa según las necesidades del organismo. Y, con ello, estableció que los organismos están adaptados al medio en el que habitan gracias a las partes y órganos que poseen.

Según el funcionalismo, una cierta entidad (por ejemplo, *los huesos*), al desempeñar su función (*sostener la carne*) con respecto al nivel superior que la contiene (*el organismo*), determina un estado posterior de dicho nivel (*el organismo que se sostiene*). Debido a ello, el *funcionalismo* puede definirse como el *cambio de una parte que está predeterminado por la función que debe cumplir para satisfacer una necesidad del todo que la contiene*.

Lo anterior muestra que el funcionalismo es una transformación preestablecida. Por ello, es una clase de teleología. Sin embargo, es un cambio predeterminado que implica la existencia de varios niveles de organización. Y, según esta perspectiva, las necesidades del nivel superior establecen el comportamiento del nivel inferior. De esta manera, se diferencia entre teleología y funcionalismo, aun cuando el funcionalismo sea una clase de teleología.

Aristóteles (1984, *Sobre el alma* II) afirmó que el funcionalismo en los seres vivos así como su esencia están determinados por las almas que poseen. Las almas las concibió como entidades que radican en el cuerpo, que también son causa final del mantenimiento de una forma orgánica. Por lo tanto, implican otra clase de teleología aparte del funcionalismo. Debido a que ésta se basa en las propiedades de las almas que presenta un organismo, se ha denominado *teleología interna* (Lennox, 1992).

Según Aristóteles (1984, *Sobre el alma* II 4, 415a23–b8; *Generación de animales* II 1, 731b24-35), los organismos superiores cumplen el propósito de perpetuar una morfología básica no como individuos, sino a través de su descendencia por medio de la reproducción. De esta manera, la finalidad de un árbol es transformarse en semilla que a su vez regresará a ser árbol. Por ello, el árbol es causa de la semilla que es causa del árbol. En consecuencia, el árbol es causa y efecto del propio árbol. A partir de lo anterior, este naturalista consideró como una propiedad esencial de un ser vivo el ser causa y efecto de sí mismo, lo cual se debe a las almas que posee (Lennox, 1992).

De acuerdo con Aristóteles, los seres naturales tienen diferencias graduales en las almas que presentan. Los minerales carecen de alma. Las plantas tienen un alma vegetativa que les permite subsistir. En los animales se encuentra un alma vegetativa y un alma sensitiva gracias a la cual perciben el mundo. Y el hombre presenta un alma vegetativa, una sensitiva y un alma racional que lo lleva a pensar (Aristóteles, 1984, *Sobre el alma* II).

Por otra parte, este naturalista hizo notar que los seres vivos dualizan, es decir, comparten características con dos clases de organismos. Por ejemplo, Aristóteles (1984, *Historia de animales* VIII 2, 589a32b19) asevera que los cetáceos, entre ellos los delfines, presentan propiedades de seres acuáticos, como el obtener su alimento del agua, pero tienen pulmones, un carácter propio de seres terrestres. Debido a lo anterior, este filósofo establece que, desde lo inanimado hasta los animales de mayor perfección, los seres se diferencian de manera continua (Aristóteles, 1984, *Historia de animales* VIII 2, 588b4-16).

En el medievo Plotino retomó estos conceptos aristotélicos para clasificar a los seres de acuerdo con las esencias o almas que presentan en lo que consideró el orden verdadero. Este filósofo concibió un orden lineal según el grado de perfección de los seres que incluía a lo Uno (el Ser), el hombre, los animales, las plantas y los minerales. Además, siguiendo lo establecido por Platón, afirmó que este orden era pleno, al poseer todas las formas posibles. Y, adoptando lo planteado por Aristóteles, indicó que era continuo, debido a que entre dos seres siempre existe uno intermedio.

Debido a que en este orden los seres sólo se diferencian por el número de atributos esenciales que poseen, sus diferencias son de grado. Por lo tanto, es una escala de seres naturales. Por esta razón fue denominada *escala natural*. Plotino colocó a lo Uno o el Ser supremo en la parte superior atribuyéndole todos los atributos divinos, como la indivisibilidad, la infinitud y la autosuficiencia. De esta manera, al diferenciarse sólo por el grado de sus esencias divinas, los seres son concebidos como diversas manifestaciones del Ser. Debido a lo anterior, este orden también fue conocido como la *gran cadena del Ser* (Lovejoy, 1964).

La cadena del Ser se consideró el orden verdadero desde el medievo hasta el siglo XIX, debido a que reflejaba el plan divino de la Creación. Cayó en desuso, en gran medida, por la influencia de las ideas de Cuvier, quien negó la validez de dicha clasificación a partir de consideraciones funcionalistas. No obstante, durante el siglo XIX varios naturalistas, principalmente alemanes, mantuvieron la idea de un orden lineal propia de la escala natural al clasificar a los seres vivos en una secuencia de grados de perfección (Figs. 1 y 3).[3]

Aristóteles (1984, *Historias de animales*, *Partes de animales*) planteó que existen géneros, es decir, grupos de especies biológicas que, por poseer almas similares, presentan una misma forma orgánica con mismos caracteres adaptativos que les permiten sobrevivir ante el medio. En relación con ello, este naturalista indicó que organismos que pertenecen a un mismo género, como las aves, están compuestos de las mismas partes debido a que presentan la misma materia y se ubican en los mismos lugares del cuerpo.

[3] El desarrollo histórico de la escala natural desde su origen hasta el siglo XIX, cuando deja de considerarse el orden de los seres naturales, es presentado por Arthur O. Lovejoy (1964, reimpresión del texto de 1936) en *La gran cadena del ser*, un texto clásico sobre historia de las ideas.



Figura 1. La gran cadena del Ser o escala natural propuesta por Plotino a partir de ideas platónicas y aristotélicas.

A partir de lo anterior, hizo notar que seres de un mismo género sólo se diferencian por el *principio del más o menos* o *por exceso y deficiencia*, debido a que sus partes pueden ser más grandes o más pequeñas según sus necesidades adaptativas, como en el caso del pico de las aves que puede ser más largo o más corto de acuerdo con su alimento. Al identificar a varias especies que manifiestan partes que guardan una misma relación en el cuerpo, Aristóteles explicó su anatomía por medio de *planes morfológicos básicos* o arquetipos.

Por otro lado, de acuerdo con Aristóteles los organismos de diferente género se diferencian por el *principio de analogía*, debido a que poseen partes que ocupan un mismo lugar en el cuerpo pero están compuestos de materia diferente. Además, según él, partes análogas pueden tener una misma función, como en el caso de los pulmones de animales terrestres y las branquias de animales acuáticos, o funciones distintas, como sucede con las plumas de las aves y las escamas de los peces.

Aristóteles denominó géneros a cada uno de los siguientes grupos, los peces, las aves, los cetáceos, los testáceos, los crustáceos, los cefalópodos, los insectos, los cuadrúpedos vivíparos y los cuadrúpedos ovíparos (Lennox, 1980). De acuerdo con lo anterior, cada grupo presenta un plan morfológico básico. Además, especies distintas que pertenecen a uno de estos géneros se diferencian sólo por presentar partes de diferente tamaño. Y especies que no son del mismo género poseen partes diferentes.

Aristóteles (1984, *Metafísica* V 28, 1024a 29-32) planteó que los planes de organización en los cuales están basados los organismos de los géneros referidos muestran la morfología de sus organismos ancestrales. Por lo tanto, indican una ancestría común de un grupo de especies. Esto ha llevado a considerar que propuso un transformismo a partir de sus conceptos formalistas (Lennox, 1980:324; Pellegrin, 1986:73; Granger, 1987; Papavero *et al.,* 1997:161-162).

Si bien este naturalista concibió un transformismo, pensó que estaba acotado por el mantenimiento de un plan morfológico básico. Además, al declarar que las formas de los organismos superiores son eternas, implicó que sus planes estructurales se mantienen a perpetuidad. No obstante, de acuerdo con este investigador los organismos inferiores, que incluyen a todos los testáceos, muchos insectos, algunos peces y ciertas plantas, se originan por generación espontánea. Así, sus planes morfológicos muestran formas que

surgen por medio de este proceso (Lennox, 1982).

En consecuencia, encontramos que el filósofo de nuestro interés pensaba que los planes morfológicos se han mantenido eternamente en los organismos superiores o aparecieron por generación espontánea en los seres orgánicos inferiores. No afirmó que los organismos hayan sido diseñados por un Creador. Sin embargo, en ambos casos consideró que tanto los planes estructurales como sus variantes están determinados por las necesidades adaptativas de los organismos.

De esta manera, Aristóteles concibió a los seres naturales como entidades de un diseño funcionalmente complejo. Esto ha sido denominado el *argumento de complejidad* (Ruse, 2003). No obstante, según este naturalista, su diseño es resultado de propiedades que exhiben sus almas, de sus características internas, y no debido a una Creación divina. Por lo tanto, no afirmó que el diseño complejo de los organismos sea una evidencia de la existencia de un Creador. De esta manera, *negó el argumento de diseño* (Ruse, 2003:18).

Al aseverar que los seres vivos están compuestos de estructuras cuya existencia está determinada por sus necesidades adaptativas, Aristóteles sustentó un funcionalismo. Sin embargo, estableció que la forma adaptativa que manifiestan los seres orgánicos puede explicarse al considerarse la existencia de planes morfológicos comunes a un grupo de especies. Y pensó que estos planes muestran una correspondencia estructural en casi todas las partes que exhiben dichas especies. Esta idea fundamenta el formalismo desarrollado por Geoffroy Saint Hilaire.

Al pensar que los planes de organización de los organismos y sus variantes que muestran una correspondencia estructural de la mayoría de sus partes son resultado de necesidades adaptativas, este naturalista acabó integrando el funcionalismo y el formalismo. Esta manera de unificar ambas posturas fue poco común en filósofos y naturalistas posteriores. Sólo Kant elaboró una síntesis similar. Sin embargo, mientras las propuestas aristotélicas funcionalistas fueron retomadas por naturalistas posteriores, entre ellos, Cuvier, sus planteamientos formalistas fueron reinterpretados por otros naturalistas como Geoffroy Saint Hilaire.

Es pertinente estar conscientes que aun cuando Aristóteles planteó ideas funcionalistas y formalistas que fueron retomadas posteriormente, no formuló de manera explícita una metodología de estudio de los seres orgánicos que sustentara un verdadero programa de investigación. Además, tuvieron que pasar varios siglos para que sus ideas sobre la estructura orgánica fueran desarrolladas por otros filósofos y naturalistas. Esto se debió a que durante el medievo, el Renacimiento y principios de la modernidad se llevaron a cabo pocos estudios anatómicos de seres vivos, los cuales, principalmente recurrieron a conceptos formalistas escasamente estructuradas.

Ideas formalistas desde el medievo hasta principios de la modernidad

Durante la Edad Media hubo poco interés en el estudio empírico del mundo natural,

en gran medida por la influencia de las ideas de Platón. Debido a ello, casi no se llevaron a cabo investigaciones anatómicas durante esa época. Los pocos estudios que se realizaron en esta área fueron principalmente sobre la anatomía humana.

Por otra parte, el cristianismo que se desarrolló entonces retomó la idea platónica de un mundo natural en cambio y corrupción que carecía de las cualidades de perfección propias de la divinidad. Con ello, los seres vivos se concibieron principalmente como entidades de gran imperfección que se transformaban de manera continua por diversas influencias externas. Por lo tanto, no se consideraron como seres de un diseño complejo que llevara a estudiarlos a partir de planteamientos funcionalistas.

A pesar de lo anterior, algunos filósofos y teólogos medievales, entre ellos, San Agustín, utilizaron conceptos funcionalistas para explicar la existencia de los seres en este mundo. No obstante, estas explicaciones eran meramente “teóricas” y no se basaban en el estudio de la estructura de los seres vivos.

Los pocos estudios anatómicos de organismos no humanos que se realizaron en la Edad Media no retomaron los planes morfológicos básicos de grupos de especies propuestos por Aristóteles. Estos estudios eran comparaciones morfológicas de diferentes especies con el humano. Tomaban como *plan estructural* al *cuerpo humano*, en gran medida, debido a que la anatomía era considerada como una rama de la medicina. Por otra parte, el desarrollo de las disciplinas humanísticas que se dio a fines de esta época reforzó la idea de que la especie humana debía tomarse como modelo para estudiar desde el universo hasta la arquitectura, incluyendo a los seres vivos.

A fines de la Edad Media, en parte, por un redescubrimiento de las ideas aristotélicas, hubo un renovado interés en el estudio empírico del mundo natural. Esto influyó en que se realizaran un mayor número de investigaciones anatómicas. Dichos estudios se multiplicaron durante el Renacimiento, en los cuales se siguió considerando al cuerpo humano como el plan morfológico básico a partir del cual se debía analizar la anatomía de los demás animales.[4]

Lo anterior se muestra en el estudio de Pierre Belon (1555, citado en Papavero y Llorente-Bousquets 1995), en donde se presentan de manera contigua dibujos del esqueleto de un hombre y de un ave indicando la correspondencia entre sus huesos. De esta manera, se exhibe cómo es que ambas especies están estructuradas a partir de un mismo plan.

Posteriormente, otros naturalistas, entre ellos, Marco Aurelio Severino (1580-1656) y Petrus Camper (1722-89), hicieron estudios comparativos en los que

[4] La manera en la que se llevaron a cabo varios estudios comparativos entre el cuerpo humano y otros seres vivos u obras arquitectónicas durante el medievo, el Renacimiento y la modernidad es expuesta por Papavero y Llorente Bousquets en *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica. Volumen VI. Analogía y conceptos relacionados en el periodo pre-evolutivo* (Papavero y Llorente-Bousquets, 1995).

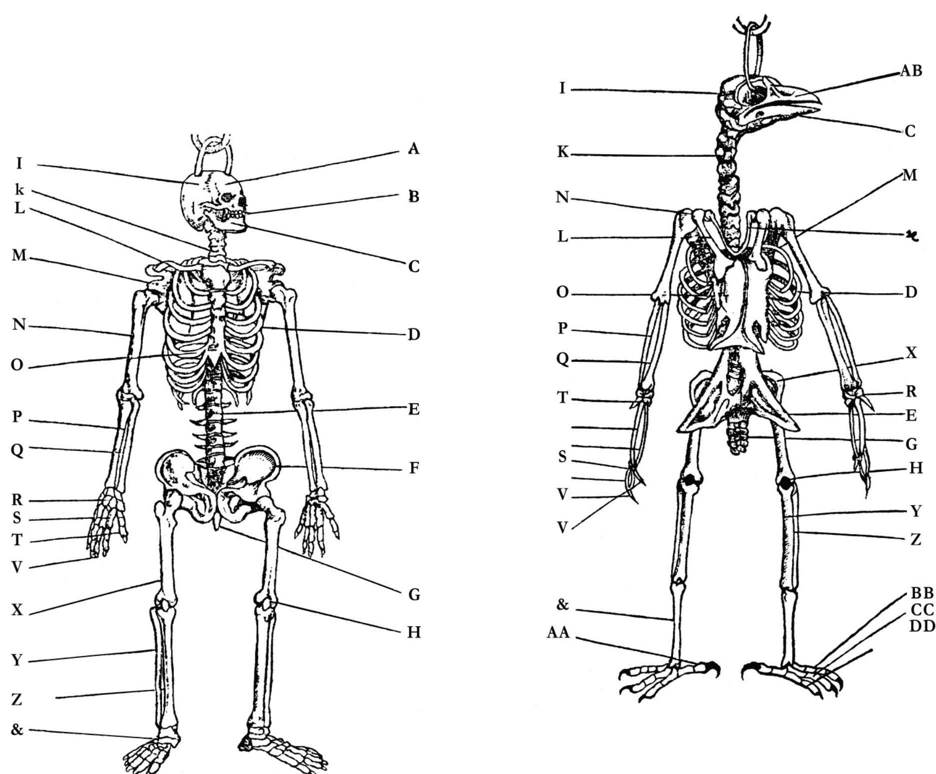


Figura 2. Correspondencia entre los huesos del esqueleto de un hombre y de un ave según Pierre Belon (1555); tomado de Papavero y Llorente-Bousquets, 1995:36.

también se planteaban correspondencias estructurales entre diversos animales y el cuerpo humano. Si bien estas investigaciones aportaron información valiosa sobre la estructura de múltiples especies, no desarrollaron nuevos métodos comparativos, al seguir tomando como modelo al ser humano (Papavero y Llorente-Bousquets, 1995).

No obstante, durante el siglo XVIII se empezó a estructurar una nueva manera de estudiar la anatomía de los seres vivos en Francia. Por una parte, Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), a partir de los trabajos que realizó con Louis Jean Marie Daubenton (1716-1800), propuso en *Historia natural, general y particular* (Buffon, 1749-1767) la existencia de un *plan morfológico básico* constituido por los huesos comunes de 200 especies de cuadrúpedos.

Además, estos naturalistas franceses encontraron que, si bien se mantienen las mismas conexiones entre los huesos más importantes, éstos varían en su forma y tamaño (Buffon, 1749-1767, ci-

tado en Lovejoy, 1968: 96-97 y Roger, 1997: 293-294). Por otra parte, Felix Vicq d'Azyr (1748-1794) también planteó una correspondencia estructural entre varias especies de cuadrúpedos, pero en este caso, no sólo en sus huesos, sino en sus músculos y nervios (Appel, 1987:70). Tanto Buffon y Daubenton como Vicq d'Azyr consideraron que existía una correspondencia entre la *mayoría* de las partes que exhiben diferentes especies de un mismo grupo como el de los cuadrúpedos.

De esta manera, Buffon, Daubenton y Vicq d'Azyr aplicaron un nuevo método comparativo para el estudio anatómico de los seres vivos. Obtuvieron planes estructurales de un conjunto de especies al determinar cuáles son las estructuras que se presentan en la mayoría manteniendo las mismas conexiones. A partir de ello, compararon las estructuras comunes a las diferentes especies para determinar la manera en la que varían en su forma y tamaño. Aunque esta metodología ya había sido delineada por Aristóteles, los naturalistas franceses referidos la implementaron de manera independiente al aplicarla en diversos estudios anatómicos.

Es conveniente hacer notar que estos naturalistas consideraban necesario establecer la correspondencia estructural entre dos partes u órganos de especies muy diferentes a partir de encontrar estructuras similares en especies intermedias. A partir de lo anterior, demostraban una correspondencia anatómica de dos especies de grupos taxonómicos alejados al mostrar cómo la morfología de una de las especies, al modificarse gradualmente, mostraba la anatomía de especies intermedias hasta llegar a indicar la estructura de la especie distanciada (Appel, 1987: 98-99; Roger, 1997:295).

Buffon explicó la conformación de un plan estructural o molde interno en un organismo al concebir la existencia de fuerzas internas de atracción de materia orgánica similar. De esta manera, dio cuenta de los planes morfológicos por medio de conceptos materialistas. Con ello, criticó las explicaciones funcionalistas que hacen referencia a necesidades adaptativas (Roger, 1997:133-138).

A pesar de los planteamientos formalistas que propusieron los naturalistas franceses referidos, éstos no propusieron un método comparativo claramente estructurado. Como muestra de ello, en sus estudios no se diferenciaban de manera clara las semejanzas anatómicas entre especies debidas a una misma localización de una parte en el cuerpo, de aquellas que se refieren a un parecido en su forma o en su función.

Además, las ideas y prácticas formalistas realizadas por estos naturalistas franceses no fueron la base de sus estudios de los seres vivos. Estos investigadores recurrieron a otros conceptos y prácticas para investigar el mundo orgánico, los cuales, en muchas ocasiones, consideraron de mayor importancia que sus planteamientos formalistas.

Las ideas y prácticas sobre la anatomía de los seres vivos establecidos por estos naturalistas fueron desarrolladas por investi-

gadores franceses de una generación posterior como Cuvier, quien retomó las ideas de Daubenton y Vicq d'Azyr. No obstante, fue Geoffroy Saint Hilaire quien utilizó las ideas de Buffon y Daubenton para establecer una metodología de estudio anatómico de carácter formalista bien definida (Appel, 1987:22-29).

Aun cuando no podemos considerar que antes del siglo XIX el formalismo se haya conformado como un programa de investigación dedicado al estudio de la anatomía de los seres vivos, esta postura se empezó a estructurar como una tradición importante a principios de ese siglo no sólo en Francia, sino en Alemania.

Por otra parte, el funcionalismo comenzó a ser empleado para estudiar a los seres vivos desde el siglo XVII en Inglaterra en el marco de la teología natural, en donde eventualmente se conformó como un programa de investigación. Además, esta postura también fue utilizada a fines del siglo XVIII en Francia para proponer un método de clasificación de plantas.

Funcionalismo en la teología natural inglesa y en Francia antes del siglo XIX

Los estudios anatómicos de grupos de especies que se realizaron en la mayoría de los países europeos antes del siglo XIX generalmente no recurrieron a consideraciones funcionalistas. Esto se debe, en primera instancia, a que durante el medievo y el Renacimiento los seres vivos no eran considerados como entidades de diseño complejo que llevara a estudiarlos a partir de conceptos que sustenten esta postura.

Además, a principios de la modernidad el funcionalismo fue descartado como una manera válida de estudiar a los seres orgánicos. Lo anterior es resultado, en gran medida, de considerar que la filosofía natural, la disciplina dedicada al estudio de las causas naturales de los fenómenos, debía basarse en ideas mecanicistas que no eran compatibles con análisis funcionalistas.

El *mecanicismo* se caracteriza por plantear que la relación entre las partes (por ejemplo, *las moléculas de un gas*), las cuales se supone presentan un mismo comportamiento, explican el todo que las contiene (en el ejemplo, *el gas*). De esta manera, se propone una relación entre niveles de organización, en la cual, el nivel inferior da cuenta del nivel superior. Esta manera de relacionar niveles es contraria a una explicación funcionalista, en la que las necesidades del nivel superior determinan el comportamiento del nivel inferior.

Descartes y otros filósofos naturales afirmaron que las causas finales se encuentran en la mente de Dios. Debido a ello, aseveraron que explicaciones que recurren a estas causas, como los planteamientos funcionalistas, son propios de la teología, mas no de la filosofía natural. Consecuentemente, durante el siglo XVII y la primera mitad del siglo XVIII se intentaron explicar por medio de conceptos mecanicistas algunos procesos de los seres vivos, como el crecimiento, la nutrición y la reproducción.

A pesar de lo anterior, desde la primera mitad del siglo XVIII, algunos naturalistas consideraron que las explicaciones mecanicistas no daban cuenta de los procesos

que ocurren en los seres vivos (Hankins, 1985). Ello contribuyó a que se recurrieran a planteamientos funcionalistas para explicar de manera conveniente los procesos orgánicos.

Por otra parte, el *funcionalismo* cobró importancia en el estudio de los seres vivos en Inglaterra a partir del establecimiento de la *teología natural* promovida por la Iglesia anglicana.[5] El anglicanismo fue fundado por Enrique VIII durante el siglo XVI como la religión oficial de Inglaterra. Debido a que el catolicismo y el calvinismo eran las religiones profesadas en ese entonces por los ingleses, las nuevas autoridades anglicanas se vieron en la necesidad de afianzarse en dicho país al combatir sus prácticas.

En consecuencia, durante el reinado de Isabel, hija de Enrique VIII, la Iglesia anglicana estableció que, para llegar a la verdad, no había que apelar a la autoridad de la Iglesia católica ni confiar exclusivamente en la lectura directa de las Escrituras, como lo establecía el calvinismo. Era necesario conocer a Dios a partir del estudio de su obra. La disciplina que se encargó de investigar el mundo natural como una Creación divina fue la teología natural (Ruse, 2003:34-36).

Desde el siglo XVII, la teología natural en Inglaterra se dividió en dos áreas, la astroteología, que examinaba los fenómenos celestes de extrema perfección, y la fisicoteología, que estudiaba los fenómenos de perfección absoluta presentes en este mundo. Por su parte, la astroteología se dedicó principalmente a investigar los patrones perfectos que presentan las órbitas de los astros. Y la fisicoteología se concentró más que nada en el estudio del *diseño óptimo de los seres vivos* por medio de consideraciones funcionalistas (Amundson, 1998).

Durante los siglos XVII y XVIII se llevaron a cabo varios estudios de teología natural en Inglaterra que incluían el análisis del diseño óptimo de los seres vivos basados en explicaciones funcionalistas. Entre ellos se encuentran las investigaciones de Robert Boyle (1966, reimpresión del texto de 1688, citado en Ruse, 2003:38-39) y John Ray (1709, citado en Ruse, 2003:39).

Aun cuando en un principio la teología natural abarcaba a la fisicoteología y a la astroteología, al paso del tiempo la astronomía fue explicando los fenómenos celestes principales por medio de leyes naturales. Por lo tanto, dichos fenómenos pasaron a ser ámbito de la filosofía natural y la astroteología perdió importancia. De esta manera, a inicios del siglo XIX la principal evidencia de la teología natural era el diseño óptimo que manifiestan los organismos. Con ello, el funcionalismo adquirió mayor importancia (Amundson, 1998).

[5] Las características principales de la teología natural incluida su postura funcionalista, así como las razones históricas de su consolidación en Inglaterra, son expuestos por Michael Ruse (2003) en *Darwin y diseño. ¿La evolución tiene un propósito?* Los factores sociales, políticos, económicos y religiosos relacionados con esta disciplina desarrollada en Inglaterra durante el siglo XIX son presentados por Adrian Desmond (1989) en *Las políticas de la evolución. Morfología, medicina y reformas en el Londres radical*.

La relevancia que adquirió en Inglaterra el análisis funcionalista de la estructura de los seres vivos, a principios del siglo XIX, se muestra en *Teología natural* del teólogo William Paley (1972, reimpresión del texto de 1802). En este escrito se presenta la exposición más conocida del argumento de diseño. Dicho argumento parte del *argumento de complejidad*, al establecerse que el análisis de una entidad, como un reloj, puede llevar a determinar que presenta un cierto grado de complejidad. A partir de ello, se afirma que un diseño complejo implica la existencia de un diseñador inteligente, infiriéndose el *argumento de diseño*.

Paley continúa su argumentación al hacer notar que un ser vivo presenta una complejidad mucho mayor que un reloj, por lo que, necesariamente fue diseñado por un Creador inteligente. Si bien este teólogo deriva el argumento de diseño a partir del argumento de complejidad, se ha hecho notar en este trabajo que otros pensadores como Aristóteles concibieron a los seres orgánicos como entidades complejas sin implicar que fueran creados por un diseñador inteligente.

La importancia del funcionalismo en el estudio de los seres vivos en la Inglaterra de esta época también se muestra en los ocho escritos comisionados por el reverendo Francis Henry Egerton, el octavo y último conde de Bridgewater. Dichos textos, conocidos como los *Tratados Bridgewater*, fueron escritos por varios investigadores reconocidos, como Charles Bell, Adam Sedgwick y William Buckland. En estos trabajos se exponen como evidencias de la perfección propia de la Creación divina varios fenómenos naturales, entre ellos, la electricidad, el calor y la luz, así como diversas estructuras naturales, entre ellas, adaptaciones como la mano y el cerebro.

Múltiples estudios de procesos y estructuras de los seres vivos de carácter funcionalista se llevaron a cabo desde el siglo XVII en Inglaterra. Sin embargo, hasta principios del siglo XIX estas investigaciones fueron utilizadas sólo con la finalidad de evidenciar la existencia de un Creador inteligente. Durante esta época el funcionalismo no había sido utilizado para conformar una disciplina de estudio de la anatomía y la historia natural de los seres vivos en su conjunto con una metodología bien definida.

Por otra parte, el funcionalismo empezó a ser utilizado por filósofos y naturalistas de otros países de Europa desde fines del siglo XVIII. Entre los naturalistas que emplearon esta doctrina para estudiar a los seres vivos se encuentra Antoine Laurent de Jussieu (1748-1836), un botánico francés. Este naturalista utilizó esta postura para formular un método de clasificación de plantas.

Jussieu (1789, citado en Appel, 1987: 15) planteó un método de clasificación que se basaba en lo que denominó la *subordinación de caracteres*, es decir, la existencia de diferentes grados de importancia funcional de los caracteres presentes en un organismo. Según este naturalista, los caracteres de mayor importancia para la sobrevivencia del organismo deben determinar la formación de los grupos más generales. De esta

manera, negó que las clasificaciones debieran seguir lo que se consideraba el método natural, el incluir la mayor cantidad de caracteres posibles para formar todos los grupos.

Además, en esta misma época, hubo un filósofo que propuso una metodología de estudio de los seres vivos que incluía planteamientos funcionalistas. Este pensador fue Kant, quien sustentó su funcionalismo a partir de ideas formalistas de manera similar a como lo hizo Aristóteles. A partir de ello, propuso estudiar a los seres vivos al integrar ambas posturas.

La unificación del funcionalismo y el formalismo en Kant

Immanuel Kant (1724-1804) fue un filósofo que influyó en diversas áreas del pensamiento occidental, entre ellas, el estudio del mundo natural y los seres vivos. Como lo habían establecido otros filósofos naturales, este pensador consideró que la determinación de las causas de los fenómenos naturales debía llevarse a cabo por medio de planteamientos mecanicistas (Kant, 1991, reimpresión del texto de 1787). Sin embargo, planteó que, a diferencia del mundo inorgánico, los procesos de los seres vivos parecen realizarse por medio de propósitos o causas finales (Kant, 2003).[6]

Kant (2003:398-399) afirmó que en el *mundo orgánico* aparentemente se presentan procesos teleológicos debido a que es *causa y efecto de sí mismo*. En primera instancia, un ser vivo genera otro de la misma especie. Por ello, *una especie* es causa y efecto de sí misma. Este planteamiento es similar a lo establecido por Aristóteles sobre el mantenimiento de una forma básica que, en el caso del pensador helénico, es el propio de un género de extensión mayor, como el de las aves.

En segundo lugar, de acuerdo con Kant, una parte de un ser vivo, al crecer, integra materia del medio que se transforma en una parte determinada del mismo. De esta manera, *un organismo*, al proveerse de materia, es causa y efecto de su propio crecimiento. Y en tercer lugar, la sobrevivencia de un ser vivo depende de la sobrevivencia de otros seres vivos, ya sea porque uno se alimenta de otro, o debido a alguna otra relación ecológica. Por lo tanto, *los organismos*, al determinar la existencia de otros seres orgánicos, son causa y efecto de sí mismos.

Aunado a lo anterior, Kant (2003:400) recurrió al funcionalismo para establecer que, aun sin relacionarse con el medio externo, *un organismo y sus partes* son causa y efecto entre sí y de sí mismos. Lo anterior se debe a que la existencia, forma y relación entre las partes se explica sólo como medios para la sobrevivencia del ser vivo. Por lo tanto, las partes se entienden únicamente en relación con el todo. Esto implica que todo *el organismo* es la *causa final de sus partes*, aun cuando la existencia, forma y relación entre *las partes* es la *causa eficiente del organismo* al permitir su sobrevivencia. Además, el ser vivo en su totalidad es causa de su sobrevivencia por medio de sus partes.

[6] Las ideas principales sobre los seres orgánicos planteadas por Kant son expuestas por su autor en *Crítica del juicio* (Kant, 2003, reimpresión del texto de 1790).

Consecuentemente, *un organismo* es causa y efecto de sí mismo.

Kant enunció que una parte u órgano es mantenido por la acción que llevan a cabo otros órganos. Debido a ello, puede concebirse como la finalidad de la existencia de otras partes. Pero la misma parte también es un medio para que otros órganos cumplan ciertos propósitos. De ahí que se considere que *las partes* de un organismo son causa y efecto de sí mismas.

De esta manera, este filósofo aseveró que el mundo orgánico se crea y organiza a sí mismo. Para explicar esta autoorganización retomó lo establecido por Blumenbach, al indicar que los procesos de los seres vivos parecen estar dirigidos por una *fuerza formativa* que organiza su materia (Kant, 2003:400-401). Con ello, defendió la idea propia de la *epigénesis* que considera que los organismos poseen desde que son embriones una fuerza formativa que dirige su desarrollo embrionario.

Kant señaló que el estudio de un ser orgánico debe iniciar con la determinación de sus finalidades para, a partir de ello, llevar a cabo un análisis mecanicista de sus partes. Por lo tanto, estableció la necesidad de unificar la teleología y el mecanicismo en el estudio de los seres vivos (Kant, 2003: 433-438). Esta manera de integrar ambas posturas ha sido denominada *teleomecanicismo*; debido a que hace referencia a agentes de organización de lo vivo es considerado un vitalismo, el cual, por tomar en cuenta propiedades de la materia, ha sido designado con el nombre de *vitalismo materialista* (Lenoir, 1982).

Al enunciar que la predeterminación de los procesos de desarrollo está regida por fuerzas internas, Kant planteó una *teleología interna* de los seres vivos (Kant, 2003: 443-446). Además, como se mostró anteriormente, manifestó que la existencia, forma y relación entre las partes de los seres vivos debe explicarse a partir de establecer las necesidades del organismo y, con ello, las funciones que deben cumplir sus partes. Por lo tanto, también recurrió a un *funcionalismo* para dar cuenta de los procesos orgánicos (Kant, 2003:402-403).

Kant señaló que el considerar a los seres vivos *como si* estuvieran estructurados a partir de finalidades o propósitos es sólo una manera de conocer acerca de ellos. No implica que la existencia, forma y relaciones entre los seres vivos y entre las partes de un organismo sean resultado de fenómenos dirigidos hacia un fin. La teleología se supone, no se observa. De esta manera, tanto la teleología como el funcionalismo sólo deben considerarse medidas heurísticas.

Además, según este filósofo, la teleología de los seres vivos lleva a suponer que son obra de un Creador inteligente. Y ello lleva a concebir la existencia de planes morfológicos básicos o *arquetipos* que nos permiten entender cómo se satisfacen las necesidades funcionales de los organismos y, a partir de lo anterior, las relaciones mecánicas entre sus partes.

Kant concibió a los planes estructurales básicos como formas constituidas por las partes comunes presentes en los diferentes sistemas fisiológicos de un grupo de espe-

cies. Por lo tanto, dichos planes corresponden a lo que se ha denominado un *arquetipo reduccionista* (Richards, 2002:302-306). De acuerdo con este filósofo, especies de un mismo grupo presentan una correspondencia estructural en la mayoría de sus partes, las cuales se diferencian en su tamaño y forma según sus necesidades adaptativas. De ahí que propusiera un formalismo para sustentar su funcionalismo. Así, integró ambas posturas de una manera semejante a Aristóteles.

Kant (2003:423) estableció que el estudiar a los organismos *como si* estuvieran creados por un diseñador inteligente sólo permite conocerlos. No demuestra la existencia de una entidad divina. Debido a lo anterior, este filósofo aceptó el *argumento de complejidad*, es decir, que los seres orgánicos presentan un diseño complejo. No obstante, consideró que la complejidad de lo vivo no implica la veracidad del argumento de diseño. A pesar de ello, supuso la existencia de un Creador inteligente de los seres vivos con el objetivo de poder estudiarlos de manera conveniente. De esta manera, el *argumento de diseño* también es utilizado únicamente como una *medida heurística*.

Al concebir la existencia de Ideas arquetípicas presentes en el Creador, sólo como una manera de estudiar la estructura organizada de los seres vivos, Kant acabó sustentando un *idealismo heurístico*. No obstante, con ello, acabó dándole gran importancia a las Ideas arquetípicas en la investigación del mundo orgánico. Otros filósofos y naturalistas alemanes contemporáneos y posteriores retomaron esta postura que concibe la existencia de Ideas en el mundo natural. Sin embargo, varios de ellos le otorgaron una existencia real a las mismas y no las consideraron únicamente una medida heurística como lo hizo Kant.

Lo anterior muestra cómo Kant integró el funcionalismo y el formalismo para el estudio de los seres vivos. Sin embargo, es importante hacer notar que no postuló una metodología de investigación claramente delimitada. Además, creyó que la necesidad de incorporar consideraciones teleológicas en la investigación del mundo orgánico lleva a descartar que esta clase de estudio forme parte de una disciplina científica (Kant, 2003: 438-9).

Más allá de lo anterior, los planteamientos funcionalistas y formalistas propuestos por Kant influyeron a naturalistas contemporáneos y posteriores. Cuvier utilizó sus ideas funcionalistas para establecer e implementar una metodología que sustenta esta postura. Y, por otro lado, naturalistas alemanes de la época reinterpretaron sus conceptos formalistas para conformar una disciplina de investigación de los seres vivos que se conoció con el nombre de morfología.

La morfología

La morfología fue una doctrina de estudio del mundo orgánico que estuvo muy influenciada por la *Naturphilosophie* o Filosofía de la naturaleza. La *filosofía de la naturaleza* fue una escuela de pensamiento constituida por diversos filósofos, naturalistas y artistas que se desarrolló a fines del

siglo XVIII y durante el siglo XIX en Alemania. El exponente principal de esta escuela fue Schelling.[7]

Joseph Friedrich Schelling (1732-1812) fue un filósofo que propuso estudiar el mundo natural como una entidad divina. Influenciado por las ideas de Baruch de Spinoza, planteó que la organización que observamos en la naturaleza y principalmente en los seres vivos refleja una inteligencia divina. A partir de lo anterior, propuso un *panteísmo*, al considerar a Dios y a la naturaleza como una sola entidad. Aunado a ello, defendió un *monismo*, al afirmar que la mente y la materia son dos expresiones de la naturaleza que se complementan a tal grado que esencialmente son lo mismo. Y, apoyó un *idealismo realista*, al concebir que las Ideas arquetípicas tienen una existencia real en el mundo natural.

Schelling concibió una *naturaleza autopoiética*, al considerarla una entidad que se crea a sí misma, *orgánica*, al ser análoga a un organismo en continuo desarrollo y, por lo tanto, *viva*. De esta manera, este filósofo le confirió a la naturaleza atributos que Kant le asignó a los seres vivos sólo con la finalidad de poder estudiarlos. Además, sostuvo que la naturaleza decide dirigirse libremente, de manera progresiva, a través de diferentes etapas, hacia la perfección. Sin embargo, según este pensador, la naturaleza se impone a sí misma leyes naturales que la limitan. Entonces, la naturaleza progresa con cierta libertad pero está restringida por leyes que ella misma establece. De esta manera, exhibe una *teleología* que está *limitada por leyes naturales*.

Según la Filosofía de la Naturaleza, Dios se expresa no sólo a través de la naturaleza sino en la labor de un artista. Esto se muestra en el hecho de que el artista, como la divinidad y el mundo natural, crea sus obras de manera predeterminada y, por lo tanto, teleológicamente, pero limitado por ciertos principios. Además, Dios y la naturaleza, como el artista, producen obras estéticas, y son altruistas, al preservar lo benéfico y eliminar lo dañino (Richards, 2002).

Si bien hubo múltiples filósofos y artistas que pertenecieron a esta escuela, sólo algunos naturalistas formaron parte de la misma. No obstante, la mayoría de los naturalistas alemanes de esta época se vieron influenciados por ella. Entre éstos se encuentra Goethe, cuyas ideas a su vez repercutieron no sólo en los naturalistas contemporáneos de ese país, sino en otros investigadores dedicados al estudio de los seres vivos como Geoffroy Saint Hilaire.

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) fue un reconocido poeta y novelista alemán. Sin embargo, también fue un naturalista que realizó múltiples estudios de seres vivos.[8] Su interés en esta área lo llevó

[7] Un desarrollo histórico de la filosofía de la naturaleza que incluye la biografía de sus principales defensores, entre los que se ubica a Schelling, así como las ideas que plantean sobre los seres vivos es presentado por Robert Richards (2002) en *La concepción romántica de la vida. Ciencia y filosofía en la época de Goethe*.

[8] Una biografía de Goethe y una exposición de sus principales ideas sobre el mundo orgánico

a proponer una nueva disciplina para poder estudiar al mundo orgánico de manera conveniente. Esta disciplina fue la *morfología*, la cual la consideró como el *estudio de la forma de los seres orgánicos y los procesos que la determinan* (Goethe, 1988b:57).

Goethe no incluyó a los seres inorgánicos en la morfología debido a que, según él, éstos no mantienen una estructura básica y, por lo tanto, la forma no es una característica esencial en ellos (Richards, 2002: 454). De esta manera, acabó proponiendo una disciplina dedicada al estudio de las diversas características de lo vivo separada del resto del conocimiento del mundo natural. Esta área de estudio equivale a lo que actualmente denominamos biología. Al basarse en el estudio de la modificación de la forma orgánica a través del desarrollo, Goethe postuló una *biología formalista*.

Influenciado por Kant, Goethe (1988c) afirmó que el estudio de los seres vivos debe partir de un proceso de *síntesis* que nos permite detectar sus formas esenciales. Esto no implica que haya descartado el *análisis* mecanicista de sus partes. De acuerdo con este naturalista dicho estudio es importante, pero debe llevarse a cabo sólo después de haberse determinado las formas fundamentales o planes morfológicos básicos de los organismos.

Goethe estableció que la morfología debe estudiar a los seres vivos a partir de percibir de manera intuitiva sus planes estructurales o *arquetipos*. Definió a un arquetipo como una representación general que contiene en potencia todas las formas de un grupo de especies y que nos permite estudiarlas (Goethe, 1988d:118). Según este naturalista es una forma que, al dar lugar a otras formas, necesariamente las contiene. Por ello, propuso un arquetipo inclusivo, el cual, al encontrarse dentro de los organismos es, a su vez, un arquetipo inmanente (Richards, 2002).

De acuerdo con Robert Richards (2002: 443), debido a que Goethe propuso un arquetipo que incluye todas las formas de los seres vivos, no pudo haber planteado un arquetipo reduccionista, una forma compuesta por un número reducido de partes. Ciertamente existe una contradicción en concebir ambos tipos de planes morfológicos.

A pesar de lo establecido por Richards, encontramos que Goethe, influido por Kant, se refiere al arquetipo en algunos escritos como una forma compuesta por las partes comunes a un grupo de especies. Debido a ello, también postuló un arquetipo reduccionista, el cual, por ser necesario para el estudio de los seres vivos, también es un arquetipo heurístico.

Por lo tanto, podemos establecer que Goethe propuso, por una parte, un *arquetipo inmanente inclusivo* y, por otro lado, un *arquetipo heurístico reduccionista*, a pesar que ambos arquetipos se contraponen. Esta incongruencia se puede resolver si consideramos que utilizó este concepto con dos finalidades diferentes. Por una parte, empleó el arquetipo inmanente inclusivo para explicar el desarrollo de los seres vivos y,

---

se encuentra en el escrito referido anteriormente de Richards (2002).

por otro lado, recurrió al arquetipo heurístico reduccionista para comparar especies de un mismo grupo.

Goethe (1988d) propuso determinar el arquetipo heurístico al comparar la anatomía de un grupo de especies. Este método de comparación entre especies permite construir un plan morfológico básico, al tomar en cuenta las partes que se presentan en la gran mayoría de éstas. Según el naturalista de nuestro interés, para ello es necesario examinar la morfología de organismos a diferentes edades, incluyendo los embriones (Richards, 2002:442-443).

A partir de lo anterior, Goethe propuso un método de comparación entre el arquetipo y cada una de las especies. Esto se lleva a cabo al relacionar las partes presentes en las diferentes especies con las correspondientes que se encuentran en el plan estructural. De esta forma se puede encontrar la manera en la que varía cada parte en tamaño y forma en las diferentes especies. Goethe planteó la necesidad de implementar un programa de investigación de la anatomía de los seres vivos basado en esta clase de estudios (Goethe, 1988d). Ello muestra su interés en implementar una biología formalista.

De acuerdo con Goethe (1988d:119-120), especies de grupos como los mamíferos presentan una estructura arquetípica que se mantiene a tal grado que, en términos generales, poseen las mismas partes localizadas en los mismos lugares del cuerpo. Sin embargo, afirmó que es conveniente ir más allá y concebir arquetipos más generales, como aquel que manifiesta la estructura de los mamíferos e insectos, compuesto de una cabeza, una sección media y una sección posterior.

De esta manera encontramos que para Goethe existen *arquetipos de diferente nivel de generalidad*. Además, este investigador estuvo consciente que grupos muy extensos, como el que incluye a insectos y mamíferos, presentan especies con un menor número de correspondencias entre sus partes. Lo anterior muestra cómo le dio gran importancia a la síntesis de formas en el estudio de los seres vivos.

Según este naturalista, los arquetipos nos permiten comprender la anatomía de los seres orgánicos debido a que están estructurados con base en ellos (Goethe, 1988e). Por lo tanto, los concibió, no sólo como medidas heurísticas para conocer a los seres vivos, sino como los planes que dirigen el desarrollo embrionario. Al concebir la existencia real de las Ideas arquetípicas en el mundo natural, este pensador acabó sustentando un *idealismo realista*, como lo hizo Schelling.

Goethe, siguiendo a Blumenbach, planteó que los organismos llegan a desarrollar una forma arquetípica en su estado adulto, gracias a que presentan una fuerza formativa que dirige su ontogenia (Goethe, 1988b: 59). De acuerdo con este naturalista, la fuerza formativa lleva al establecimiento de formas predeterminadas hasta cierto grado. Debido a ello, consideró necesario incluir la teleología propuesta por el preformismo para estudiar el desarrollo de los seres orgánicos. Sin embargo, según este investigador, la fuerza formativa se expresa con cierta

libertad, lo cual es estudiado por el epigenetismo. De esta manera, propuso estudiar el desarrollo de los seres vivos unificando el *preformismo* y el *epigenetismo* (Richards, 2002:416).

Goethe concibió a la fuerza formativa, que incluye un componente teleológico y otro que se manifiesta libremente, como una característica propia del *espíritu*. Por otra parte, planteó la necesidad de estudiar la *materia* presente en los seres vivos al analizar las fuerzas mecánicas de atracción y repulsión que exhiben. Debido a lo anterior, propuso investigar a los seres vivos por medio de conceptos teleológicos y mecanicistas. De esta manera, sustentó un *teleomecanicismo* o *vitalismo materialista* (Lenoir, 1982).

Además, este naturalista manifestó que la materia posee propiedades del espíritu y éste de la materia. Por ello, defendió un *monismo*, concepto que toma de Spinoza y comparte con Schelling. Aunado a lo anterior, señaló que la predeterminación es una cualidad de un intelecto divino que se presenta en el espíritu y la mente. Por lo tanto, también apoyó un *panteísmo* (Richards, 2002:491).

Según Goethe (1988d:121), la fuerza formativa dirige los nutrientes a los diferentes órganos con cierta libertad. Debido a ello puede dar lugar a órganos muy desarrollados. Sin embargo, debido a que la cantidad de nutrientes es finita, si dicha fuerza le otorga más nutrientes a algunas estructuras, otras carecerán de éstos y, por lo tanto, se desarrollarán poco. De ahí que si en una especie se presenta un órgano de gran tamaño, necesariamente habrá otro de dimensiones pequeñas. Este planteamiento corresponde a lo que posteriormente fue denominado por Geoffroy Saint Hilaire como la *ley del balance*. Goethe planteó que este principio se muestra en la serpiente, la cual, al darle preponderancia a la parte delantera y a su cuerpo, carece de extremidades.

Goethe estudió el desarrollo embrionario de plantas y animales a partir de concebir que la fuerza formativa actúa sobre un órgano primordial que se duplica y modifica. Basado en este planteamiento general, afirmó que durante el desarrollo de una planta fuerzas de expansión y contracción actúan sobre la hoja, el órgano primordial, para dar lugar, de manera ordenada, a las otras partes de la planta (Goethe, 1988f: 97). De esta manera propuso la *teoría del origen foliar de las plantas*.

Goethe utilizó esta misma idea al establecer que los huesos del cráneo se originan a partir de la repetición y modificación de las vértebras. El planteamiento anterior fundamenta lo que se conoce como la *teoría vertebral del cráneo*, la cual, también fue propuesta de manera independiente por Lorenz Oken (Richards, 2002).

A partir de lo anterior, encontramos que Goethe, junto con Oken, propuso e implementó otro método de comparación. Éste consiste en comparar las diferentes partes de un mismo organismo para obtener un órgano simple arquetípico. Este procedimiento les permitió a ambos naturalistas construir el arquetipo a partir de concebir la repetición y modificación de un órgano primordial.

Goethe manifestó que existen especies que, por presentar partes más diferenciadas, son superiores. Además, afirmó que, mientras más diferenciadas estén las partes de un organismo, la subordinación o dependencia funcional de unas con respecto a otras será mayor (Goethe, 1988g:64). La idea de que existe una subordinación de funciones entre las partes de los organismos también fue sustentada por Cuvier. Este naturalista recurrió a este planteamiento para sustentar un funcionalismo. Ello muestra que Goethe empleó algunas consideraciones funcionalistas en su teoría. Sin embargo, como se mostrará posteriormente, no son la base de su teoría.

Por otra parte, Goethe señaló que, mientras la *morfología interna* de los organismos es consecuencia de la fuerza interna regida por *procesos teleológicos y mecánicos*, la *morfología externa* es moldeada por el *efecto directo del medio*. Según este naturalista, el clima, la altitud, el calor y el frío, así como el agua y el aire común pueden modificar a un ser vivo. Debido a lo anterior, estableció que los peces están hinchados porque el agua penetra en ellos (Goethe, 1988d:122).

Al afirmar que el *medio* opera sobre los seres orgánicos para afectar su forma, Goethe consideró que es una *causa eficiente de los seres vivos*. No obstante, negó que las condiciones externas dirigieran la fuerza formativa en el desarrollo hacia el establecimiento de estructuras adaptativas predeterminadas. Por lo tanto, descartó que el medio sea causa final de la estructura orgánica. Ello muestra su oposición a un funcionalismo. Además, rechazó que los seres orgánicos sean resultado de un diseño óptimo establecido por el Creador para habitar ciertas condiciones ambientales. De esta manera, se opuso al argumento de diseño (Goethe, 1988h:53).

Según el naturalista de nuestro interés, la forma es lo que establece las necesidades funcionales que llevan a cabo los organismos. Por lo tanto, un pez nada porque tiene aletas y un cuerpo elongado que se lo permite, un ave vuela porque tiene alas y huesos huecos, y un mamífero terrestre camina porque posee patas. Así, *la forma determina la función* (Goethe 1988d:120). Lo anterior indica el carácter eminentemente formalista de sus teorías, a pesar que encontremos algunas consideraciones funcionalistas en éstas.

Por lo tanto, Goethe estableció que la forma básica de los seres vivos está predeterminada, hasta cierto grado, por una fuerza interna y por el medio externo que actúa de manera directa sobre ellos pero no al imponer sus necesidades funcionales. De ahí que sustentó una *teleología interna* en los seres orgánicos. Y rechazó el estudiar a los organismos a partir de un funcionalismo o, como era conocido en Alemania, un utilitarismo (Goethe, 1988a). Lo anterior revela que se vio influenciado por las ideas formalistas de Kant, pero no por sus concepciones funcionalistas.

Los planteamientos de Goethe influyeron a varios naturalistas de fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Entre ellos se encuentran los alemanes Carl Friedrich Kielmeyer, Johann von Authenrieth, Lorenz Oken, Gottfried Reinhold Treviranus,

Friedrich Tiedemann y Johann Friedrich Meckel, así como los franceses Geoffroy Saint Hilaire y Étienne Serres.

Estos naturalistas, principalmente los alemanes, también se vieron influidos por las ideas de Kant y la filosofía de la naturaleza. Debido a ello, concibieron a la organización como una propiedad importante en los seres orgánicos. Sin embargo, sólo algunos sustentaron un panteísmo, un monismo y un idealismo realista al otorgarles, tanto a los seres orgánicos como a lo inorgánico, propiedades de organización. Varios de estos investigadores consideraron que la autoorganización es una propiedad presente en los seres vivos y no en la naturaleza en general (Lenoir, 1982:5-6).

El interés de los naturalistas referidos en conocer la manera en la que los seres vivos se organizan, llevó a que estudiaran la forma que presentan a través de su desarrollo. Por lo tanto, se dedicaron al estudio de la morfología, la disciplina propuesta por Goethe. A partir de ello se les conoce como morfólogos. Debido a que mantuvieron la idea planteada por Goethe de que los seres vivos presentan formas ideales que les permiten trascender hacia estados superiores, también se han denominado morfólogos trascendentales, idealistas alemanes, anatomistas trascendentales, idealistas trascendentales o por medio de términos relacionados.

Los *morfólogos*[9] influenciados por Blumenbach explicaban el desarrollo de los seres orgánicos al concebir la existencia de fuerzas formativas. Debido a lo anterior defendieron un *epigenetismo*. Además, pensaban que las fuerzas formativas presentan un componente teleológico que lleva al establecimiento de formas predeterminadas y un componente mecánico regido por fuerzas de atracción y repulsión. Por lo tanto, consideraron necesario incluir tanto una *teleología interna* como un *mecanicismo* en el estudio de los organismos. Al unificar conceptos teleológicos y mecanicistas sustentaron un *teleomecanicismo* o *vitalismo materialista*, como lo llevaron a cabo Kant y Goethe (Richards, 2002).

Según estos investigadores, las especies de un cierto grupo comparten un *desarrollo ideal* compuesto de una determinada secuencia de formas. De esta manera, todas las especies presentan en potencia todas las formas del grupo al que pertenecen. Sin embargo, de acuerdo con estos naturalistas el desarrollo de los organismos es suprimido debido a causas fisiológicas como la operación de fuerzas mecánicas de atracción y repulsión de las moléculas orgánicas presentes en los seres vivos, lo cual puede estar determinado por la influencia de agen-

[9] Las ideas embriológicas planteadas por los morfólogos alemanes son expuestas de manera detallada por Timothy Lenoir (1982) en *La estrategia de la vida. Teleología y mecánica en la biología alemana del siglo diecinueve*. La relación entre estos conceptos embriológicos y las primeras ideas evolucionistas son presentadas por Richards (1992) en *El significado de la evolución. La construcción morfológica y la reconstrucción ideológica de la teoría de Darwin*. El carácter romántico de los morfólogos que los ubica como miembros de la filosofía de la naturaleza es resaltado por Richards (2002) en el trabajo referido anteriormente, *La concepción romántica de la vida. Ciencia y filosofía en la época de Goethe*.

tes del medio. Debido a ello, estos naturalistas concibieron que los seres naturales expresan el potencial de la naturaleza en diferente grado (Lenoir, 1982).

La teoría que establece que el desarrollo de los seres vivos es una secuencia de formas predeterminadas que se suprime en cierta etapa era conocida como *teoría de supresión del desarrollo*. No obstante, ya que esta teoría plantea que los seres vivos de especies superiores recapitulan las formas adultas propias de las especies inferiores, actualmente es más conocida como *teoría de la recapitulación*.

Si bien, algunos morfólogos afirmaron que la recapitulación de formas comprende toda la escala natural, como sucedió con Authenrieth (Papavero y Llorente-Bousquets, 1995); otros propusieron que sólo comprende la escala de los animales o de las plantas, como ocurrió con Oken, Tiedemann y Meckel (Richards, 1992; Papavero y Llorente-Bousquets, 1995), o alguno de los cuatro grupos de animales propuesto por Cuvier, como lo consideró Kielmeyer (Lenoir, 1982). Posteriormente hubo un naturalista que mencionó que la recapitulación se cumple en cada uno de los órdenes de animales. Este investigador fue el suizo Louis Agassiz quien, si bien no perteneció a la tradición de la morfología alemana, sí se vio influenciado por la misma.

Debido a que la teoría de la recapitulación relaciona en una secuencia formas de un conjunto de especies, los morfólogos la utilizaron para explicar, no sólo el desarrollo embrionario de los organismos, sino sus relaciones taxonómicas, su anatomía, su registro fósil, su distribución geográfica y su ecología. De esta manera, dieron cuenta de toda la historia natural de los seres vivos por medio de la recapitulación.

En primera instancia, los morfólogos, al proponer una o varias series de formas adultas que se mantienen en el desarrollo embrionario, concibieron una o varias *escalas naturales*. A partir de ello, Authenrieth planteó una escala natural; Oken, Tiedemann y Meckel una escala de animales, y Kielmeyer cuatro escalas de animales. Posteriormente, Agassiz postuló series en cada uno de los órdenes de animales.

De acuerdo con los naturalistas referidos, los organismos de especies superiores recapitulan una cierta escala natural, al pasar a través de las etapas adultas de organismos de especies inferiores. De esta manera, consideraron que los seres sólo se distinguen por su grado de perfección de acuerdo con el nivel de desarrollo al que llegan en su etapa adulta. De ahí que lo que originalmente se concebía en la escala natural como diferencias en el número de características esenciales que posee un ser, como pueden ser sus almas (Fig. 1), se reinterpretaron como diferencias en el número de las etapas que presenta en su desarrollo (Fig. 3).

Los recapitulacionistas formaron los grupos taxonómicos más generales al incluir a las especies contenidas en una de estas series o escalas. Y, a partir de ello, ubicaron en taxones inferiores a las especies cuyas formas adultas aparecen en etapas de desarrollo cercanas. Lo anterior

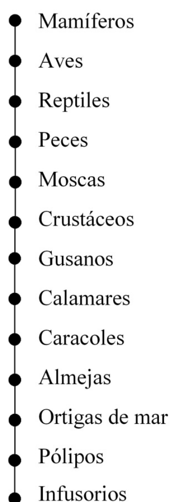


Figura 3. Escala natural de animales según Oken (1847, modificado de Gould, 1977:41).

exhibe cómo los morfólogos alemanes se basaron en la teoría de la recapitulación para clasificar a los seres orgánicos.

Si bien los morfólogos estudiaron la anatomía de los seres vivos haciendo referencia a arquetipos comunes a un grupo de especies, no establecieron criterios rigurosos para determinar dichos planes. Los construyeron tomando en cuenta tanto las partes y conexiones comunes, como la forma de los órganos y, en ciertas ocasiones, sus funciones. Esto se debe a que estaban más interesados en conocer la manera en la que se modifica la forma a través del desarrollo que en establecer principios que determinen de manera clara el estudio anatómico de los organismos.

El interés en comprender el desarrollo de los seres vivos llevó a los morfólogos a concebir a los arquetipos como formas ideales que pueden dar lugar a múltiples formas más que estructuras bien determinadas. Sin embargo, hubo un morfólogo alemán que sí postuló un arquetipo con una morfología precisa: Carl Gustav Carus, quien, sustentándose en la teoría vertebral del cráneo propuesta por Goethe, concibió al plan morfológico del esqueleto de los vertebrados como una secuencia de vértebras poco desarrolladas y muy similares.

Carus construyó dicho plan estructural tomando como punto de partida una vértebra sencilla, debido a que consideró que sólo un elemento sencillo puede dar lugar a estructuras de mayor complejidad (Rupke, 1994:193-197). Por lo tanto, propuso un *arquetipo reduccionista*. De acuerdo con este naturalista, dicho arquetipo muestra las correspondencias estructurales que se presentan en la mayoría de las partes de las especies de vertebrados.

Más allá de que pocos morfólogos se interesaron en determinar criterios rigurosos para establecer los arquetipos, estos investigadores recurrieron a estudios comparativos de especies para encontrar partes comunes entre las mismas. Ello les permitió sustentar una recapitulación de formas adultas de diferente especie. Por lo tanto, investigaciones anatómicas de carácter formalista fueron importantes para que defendieran la teoría de la recapitulación.

Por otra parte, algunos morfólogos incluyeron algunos planteamientos funcionalistas en sus teorías. Sin embargo, no consideraron que las necesidades adaptativas determinaran la estructura de los

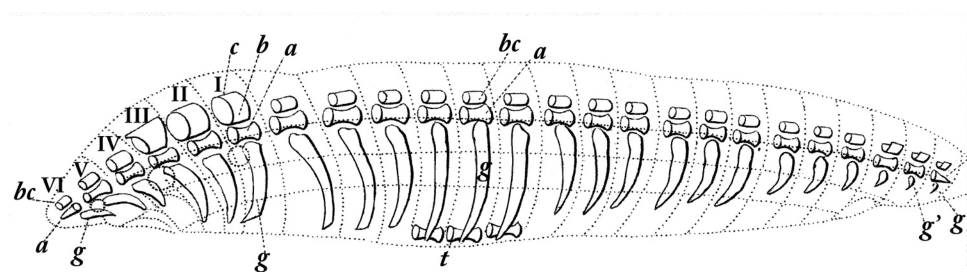


Figura 4. Plan morfológico básico de los vertebrados propuesto por Carus (1828); tomado de Rupke, 1994:195.

organismos. De acuerdo con estos investigadores, la forma de los organismos es lo que establece las funciones que llevan a cabo. Ello muestra que sus teorías fueron primordialmente formalistas.

Además, algunos morfólogos explicaron el registro fósil por medio de la teoría de la recapitulación. Mientras los recapitulacionistas tradicionales concibieron que las formas embrionarias de las especies superiores se asemejan a las formas adultas de especies inferiores *actuales*, los morfólogos referidos afirmaron que las formas embrionarias de las especies superiores se parecen a las formas adultas de especies inferiores *fósiles*. De esta manera, postularon que las especies actuales presentan una mayor cantidad de etapas embrionarias que las especies pasadas.

A partir de lo anterior, estos naturalistas estudiaron a los fósiles de estratos muy antiguos buscando parecidos con las formas embrionarias tempranas de especies actuales. Y, por otro lado, examinaron los fósiles de estratos recientes tratando de encontrar semejanzas con las formas embrionarias más tardías de las especies actuales.

De esta manera, dichos morfólogos consideraron que existe un *paralelismo entre el desarrollo embrionario, alguna escala natural y el registro fósil*. Con ello, sustentaron un progresionismo, al concebir que el registro fósil muestra especies inferiores en estratos antiguos y especies superiores en estratos posteriores. Debido a que este progresionismo se basa en el paralelismo entre la recapitulación embrionaria y el registro fósil, es factible denominarlo *progresionismo recapitulacionista*.

Entre los morfólogos que apoyaron un progresionismo recapitulacionista se encuentran Treviranus, Tiedemann y Meckel. La mayoría de estos naturalistas plantearon que el paralelismo referido se debe a una expresión diferencial de las fuerzas formativas presentes en la materia orgánica de los seres vivos. Según este planteamiento, las condiciones del medio de cada época y área geográfica que habitan ha influido en la expresión de las fuerzas formativas. Debido a ello, el desarrollo de los organismos se ve interrumpido en determinadas fases de la ontogenia (Lenoir, 1982).

La mayoría de los morfólogos trascendentales que defendieron un progresionismo recapitulacionista consideraron que no existen relaciones de ancestría, descendencia entre especies de diferente época, a pesar que algunas presentan un mismo desarrollo embriológico. Sin embargo, Richards (1992) considera que Meckel planteó la posibilidad de que especies pasadas hayan sufrido en menor grado una supresión de su desarrollo ideal, a partir de lo cual dieron lugar a las especies actuales. Por lo tanto, concibió un "transformismo" por medio de una *adición terminal de fases embrionarias*. De esta manera, llega a explicar las relaciones genealógicas de las especies por medio de la recapitulación.

Así, se exhibe cómo a principios del siglo XIX la comunidad de los morfólogos alemanes explicaba el desarrollo embrionario, las relaciones taxonómicas, la anatomía, el registro fósil, la distribución geográfica de las especies y sus relaciones ecológicas, es decir, toda la historia natural de los organismos a partir del estudio de la modificación de la forma que se lleva a cabo durante el desarrollo embrionario. Al investigar al mundo orgánico de manera unificada e independiente del resto de la naturaleza, la morfología alemana conformó una disciplina que actualmente denominaríamos biología. Y, al sustentarse en el estudio de la modificación de la forma que ocurre en el desarrollo, se constituyó una *biología formalista*.

Durante esta misma época, en Francia, Étienne Geoffroy Saint Hilaire estaba desarrollando una doctrina para el estudio de la anatomía y la historia natural de los seres vivos también de carácter formalista, parecida a la implementada por los morfólogos alemanes. Ello llevó a que los morfólogos y Geoffroy se vieran influenciados de manera recíproca. Al mismo tiempo, Georges Cuvier estaba estructurando una disciplina con los mismos fines pero basada en planteamientos funcionalistas. Lo anterior desencadenó el debate que es el objeto de estudio principal de este trabajo, el cual modificó de manera sustancial la investigación del mundo orgánico.

LA POLÉMICA ENTRE EL FUNCIONALISMO DE CUVIER Y EL FORMALISMO DE GEOFFROY SAINT HILAIRE

El estudio de los seres vivos a principios de la época moderna

Las disciplinas principales que estudiaban el mundo natural durante los siglos XVII y XVIII, es decir, al inicio de la época moderna, eran la historia natural, la filosofía natural y la teología natural. La *historia natural* se había dedicado desde la Antigüedad a la *descripción de fenómenos y seres naturales* (Sloan, 1990). Aunque durante el medievo y el Renacimiento perduró una historia natural descriptiva, durante los siglos XVII y XVIII se desarrolló, en el ámbito de esta disciplina, una tradición muy importante dedicada no sólo a la descripción, sino a la *clasificación de los seres naturales*.

Esta clase de historia natural sustentada en la sistemática fue desarrollada en esta época por múltiples naturalistas. Estos

investigadores clasificaban seres orgánicos e inorgánicos (los tres reinos de la naturaleza: mineral, vegetal y animal). Ello se muestra en el sistema linneano de nomenclatura y clasificación, el más representativo de esta área de estudio, el cual originalmente se aplicó tanto a seres vivos como a rocas y minerales.

Si bien la historia natural describía y clasificaba seres vivos y no vivos, a inicios de la época moderna se consideraba que la investigación de sus procesos era ámbito de otra disciplina, la filosofía natural. La *filosofía natural* consistía en el *estudio de las causas de los fenómenos naturales*. Investigaba los procesos del mundo y sus seres por medio de leyes naturales que se concebían universales, al operar en todo tiempo y espacio.

La mayoría de los filósofos naturales consideraban que las leyes naturales habían sido establecidas por Dios en el momento de la Creación. Además pensaban que casi todos los fenómenos, al estar regidos por ellas, operan sin la necesidad de una intervención divina. No obstante, por su complejidad, algunos fenómenos no podían explicarse por medio de leyes y, por lo tanto, por la filosofía natural. Debido a lo anterior, eran concebidos como resultado de una participación directa del Creador. Por ello, estos fenómenos eran investigados por otra disciplina, la teología natural.

Como ya se señaló en este escrito, la *teología natural* era una disciplina dedicada al *estudio de las evidencias en el mundo natural de la existencia de un Creador*. Esta área de estudio examinaba fenómenos y entidades que, por ser de tal perfección, sólo podían concebirse como resultado de una intervención divina directa. Entre éstos se encontraban fenómenos celestes estudiados por la astroteología como los patrones perfectos de las órbitas de los astros, y procesos y entidades terrestres investigados por la fisicoteología, principalmente el diseño óptimo de los seres vivos.

La historia natural y la filosofía natural se desarrollaron desde inicios de la época moderna en toda Europa. Sin embargo, como se mostró anteriormente, la teología natural se implementó principalmente en Inglaterra, promovida por la Iglesia anglicana. Ello determinó que el estudio de los seres vivos a partir de planteamientos funcionalistas se desarrollara en ese país más que en cualquier otro.

Las tres disciplinas referidas se diferenciaban por su método de estudio, no por su objeto de estudio. La historia natural definía y clasificaba al mundo y sus seres, la filosofía natural utilizaba los datos de la historia natural para encontrar las leyes naturales y la teología natural examinaba las evidencias presentes en el mundo como testigos de la existencia del Creador. De esta manera, se complementaban.

Cada una de estas disciplinas investigaba a la naturaleza en su conjunto, tanto al mundo físico como al mundo orgánico. Por ello, cada una estudiaba a los seres vivos. La historia natural los definía y los clasificaba, la filosofía natural estudiaba sus procesos y la teología natural analizaba su diseño óptimo para encontrar evidencias de la existencia de un Creador.

A pesar que la historia natural, la filosofía natural y la teología natural se consideraban las áreas generales de investigación del mundo natural más importantes a principios de la modernidad, en esta época se desarrollaron disciplinas que estudiaban aspectos más particulares de la naturaleza. Entre estas áreas de estudio se encontraban la química, la dinámica, la mecánica, la óptica, la zoología, la botánica, la anatomía, la sistemática, la geología y gran cantidad de otras disciplinas.[10]

La mayoría de estas disciplinas específicas eran definidas por su objeto de estudio. Algunas utilizaban teorías y conceptos semejantes. Sin embargo, las *disciplinas que estudiaban a los seres vivos* se fundamentaban en *ideas y prácticas diferentes*. Por lo tanto, a fines del siglo XVIII, cuando Cuvier y Geoffroy Saint Hilaire empezaban a desarrollar su carrera como naturalistas, las diversas disciplinas que investigaban a los seres vivos no conformaban un área de estudio unificada e independiente de la investigación del resto del mundo natural. Ello se muestra en el hecho de que quienes estudiaban a los seres vivos no empleaban ningún término que hiciera referencia a una disciplina con estas características.

Además, aun cuando la anatomía había sido una disciplina desarrollada desde la Antigüedad, en tal época no existían metodologías de estudio claramente definidas en esta área de estudio. Para conformar procedimientos de investigación anatómica bien delimitados que podrían utilizar en su profesión, Cuvier y Geoffroy recurrieron al funcionalismo o al formalismo que se habían implementado en ciernes hasta esa época. Gracias a ello, acabaron conformando metodologías de estudio que daban cuenta, no sólo de la anatomía, sino de las diversas características de los seres vivos. De esta manera, estructuraron disciplinas dedicadas a investigar el mundo orgánico de manera unificada e independiente del resto del mundo natural.

El funcionalismo y el formalismo en Francia a fines del siglo XVIII

A partir de lo expuesto anteriormente, encontramos que, a fines del siglo XVIII, cuando Cuvier y Geoffroy comenzaban su profesión como anatomistas, el funcionalismo y el formalismo ya habían sido practicados en el estudio de los seres vivos. Por una parte, desde el siglo XVII el funcionalismo había sido empleado en el marco de la teología natural inglesa para mostrar procesos naturales y adaptaciones de gran perfección que evidencian la existencia y grandeza del Creador. Además, el botánico francés Jussieu había recurrido a esta doctrina al proponer, a fines del siglo XVIII, un nuevo método de clasificación de plantas con base en la importancia funcional de los caracteres.

Por otro lado, algunos naturalistas franceses contemporáneos de Jussieu, específicamente Buffon, Daubenton y Vicq d'Azyr,

[10] La historia de las disciplinas que estudiaban algún aspecto específico del mundo natural desarrolladas hasta mediados del siglo XIX se expone en *Historia de las ciencias inductivas* de William Whewell (1967, reimpresión del texto de 1857).

habían realizado estudios de la anatomía de algunas especies animales utilizando ideas formalistas. Y en esta misma época, en Alemania, se estaba estructurando una disciplina formalista dedicada al estudio de la transformación de la forma orgánica durante el desarrollo, la morfología.

A pesar de lo anterior, Cuvier y Geoffroy se dieron cuenta de que su labor de anatomistas se veía en dificultad debido a que *no existía* en Francia y, en Europa en general, *una metodología de estudio anatómico bien definida* para examinar la estructura orgánica. Los estudios comparativos de la anatomía de ciertas especies realizados por Buffon, Daubenton y Vicq d'Azyr recurrían a criterios múltiples, sin establecer un procedimiento bien determinado. Además, los morfólogos alemanes se habían concentrado en el estudio de la embriología, y tampoco habían desarrollado una metodología con estas características.

Aunado a lo anterior, el funcionalismo se utilizaba en Inglaterra fundamentalmente para mostrar la existencia y grandeza del Creador. No había llevado a conformar metodologías de estudio anatómico claramente definidas. Además, el método de clasificación de carácter funcionalista establecido por Jussieu no había sido formalizado en procedimientos de investigación anatómica bien delimitados.

Interesados en estudiar la anatomía de los seres vivos por medio de una metodología de estudio bien estructurada, Cuvier y Geoffroy Saint Hilaire se dedicaron a sentar las bases de un procedimiento con estas propiedades. Sin embargo, debido a las distintas influencias que cada uno recibió, estructuraron metodologías muy distintas. Al hacerlo retomaron algunos de los planteamientos referidos anteriormente. Además, al llevarlo a cabo acabaron conformando disciplinas de estudio de las diversas características de los seres vivos que se fundamentaron en posturas encontradas. Ello dio lugar al debate que nos ocupa.

Para comprender esta controversia, a continuación analizaremos las ideas principales que estos naturalistas formularon sobre la manera correcta de estudiar la anatomía de los seres vivos y, a partir de ello, sus relaciones taxonómicas, su desarrollo embrionario, su registro fósil, su distribución geográfica y sus relaciones ecológicas, es decir, toda la historia natural de los organismos. Posteriormente examinaremos cómo la defensa de estas ideas llevó al debate público que protagonizaron y que hizo célebre la polémica.

El funcionalismo de Cuvier

Georges Leópold Chrétien Frédéric Dagobert, barón de Cuvier,[11] nació en 1769 en Montbéliard, una región que pertenecía a Alemania pero en donde predominante-

[11] Existen pocos libros concebidos como biografías de Cuvier. La mayoría están en francés, entre ellos, *Cuvier. El descubridor de mundos desaparecidos* de Éric Buffetaut (2002) y *Georges Cuvier. El nacimiento de un genio* de Phillipe Taquet (2006). Entre los textos en inglés que reseñan la vida de Cuvier se encuentra *Georges Cuvier. Zoólogo* de William Coleman (1964) y *El debate Cuvier-Geoffroy. Biología francesa en las décadas anteriores a Darwin* de Toby Appel (1987).

mente se hablaba francés al encontrarse en la frontera con Francia, país al que pasó a formar parte en 1793. Sin embargo, este investigador se formó en una academia militar de Stuttgart, Alemania, en donde estudió diversas disciplinas, entre ellas historia natural. Ahí conoció los trabajos de Kant y algunos morfólogos alemanes.

Debido a su interés en la historia natural, Cuvier fue invitado a un puesto en el Museo de Historia Natural de París, institución que pocos años antes había sido el Jardín del Rey. Creado por Luis XIII en 1635 como un jardín de plantas medicinales, durante el siglo XVIII el Jardín del Rey se convirtió en un museo de historia natural administrado por el reino de Francia; éste poseía colecciones de minerales, plantas y animales. Sin embargo, después de la Revolución Francesa, en 1793, se convirtió, por decreto, en el Museo de Historia Natural, pasando a ser dirigido por un comité



Figura 5. Retrato de Georges Cuvier hecho hacia 1834 (tomado de Richards, 1992:53, originalmente en el Wellcome Institute Library).

independiente del gobierno que incluía a los naturalistas más importantes que laboraban en el propio museo.

Al comité regidor del museo se le asignaron doce puestos (cátedras): tres al área de botánica, dos a zoología, dos a anatomía, dos a química, uno a geología, uno a mineralogía y otro más al área de la ilustración. Los miembros de dicho comité debían encargarse de las colecciones, impartir cursos y realizar investigación. Para seguir los ideales revolucionarios de igualdad se eliminó el puesto de director del museo y se estableció que los doce investigadores lo dirigieran de manera conjunta (Appel 1987: 16-19).

Entre los naturalistas que se integraron al Museo de Historia Natural se encontraban Louis Daubenton como mineralólogo, Jean Baptiste Lamarck como especialista en invertebrados, Antoine Laurent de Jussieu como botánico y Étienne Geoffroy Saint Hilaire como zoólogo. Como se mencionó anteriormente, Daubenton fue uno de los primeros naturalistas que propusieron la existencia de planes morfológicos básicos. Lamarck posteriormente se convertirá en un transformista al que se opondrá Cuvier. Jussieu era un botánico que para entonces había propuesto el nuevo método de clasificación de plantas referido en este trabajo. Y Geoffroy Saint Hilaire fue el anatomista que protagonizó la polémica con Cuvier que nos ocupa.

Cuvier fue invitado al museo dos años después de su fundación como profesor de anatomía comparada. Aun cuando tenía conocimientos de historia natural, muchos de ellos autodidactas, conocía poco de zoología. La razón por la que adquirió dicho cargo se debe, en gran medida, a que los zoólogos franceses de mayor importancia habían emigrado del país por la revolución. Por ello, no existía gente capacitada para las plazas que se abrieron en el Museo de Historia Natural. Cuvier, quien había mostrado vocación por el estudio de la historia natural, tomó el puesto gracias al apoyo que recibió de Geoffroy y Lamarck, dos naturalistas que posteriormente serían sus encarnizados rivales (Appel, 1987:11-12). Según Geoffroy, fue él quien lo convenció de que fuera a París a trabajar en el museo (Appel, 1987:31).

Desde el principio de su carrera Cuvier fue reconocido como un gran naturalista. El mismo año que ingresó al Museo de Historia Natural fue elegido miembro de la Academia de Ciencias de París. Durante su vida llevó a cabo múltiples estudios anatómicos de especies actuales y fósiles. Realizó estudios de cuadrúpedos, reptiles, aves, peces y moluscos. Publicó trabajos sobre rinocerontes, tapires, hipopótamos, manatíes, cocodrilos, tortugas, marsupiales y moluscos, entre otros animales. Determinó que el elefante africano, el elefante indio y el mamut son diferentes especies y, a partir de ello, que el mamut ya está extinto. Identificó al *Megatherium* como una especie ya desaparecida que pertenecía al grupo de los perezosos gigantes, al *Pterodactylus* como un reptil volador extinto, y al *Mesosaurus* como una lagartija del pasado.

Sus estudios de anatomía comparada de fósiles fueron determinantes en establecer

que la extinción es un proceso que ha ocurrido en múltiples ocasiones y que durante el tiempo geológico han existido diferentes épocas caracterizadas por su propio registro fósil. Debido a ello, es considerado el *padre de la paleontología*. Para explicar las discontinuidades en el registro fósil planteó que al final de cada época han ocurrido *revoluciones locales* o catástrofes, cambios de magnitud considerable pero delimitados a ciertas áreas que provocaron la extinción de múltiples especies. Los planteamientos anteriores son la base de lo que se conoce como la escuela del *catastrofismo*.[12]

Además de haber protagonizado el debate de nuestro interés, el naturalista que nos ocupa participó en otra controversia muy conocida en la época. Esta polémica trató sobre el origen de las especies y lo enfrentó a Lamarck. En esta confrontación Cuvier argumentaba en favor de un fijismo, la idea de que los seres vivos no han modificado su especie a través de su descendencia. Y Lamarck sustentaba un transformismo, al establecer que los linajes de organismos modifican su especie. Aun cuando actualmente se considera que Lamarck defendió la postura correcta, en la época en la que se llevó a cabo el enfrentamiento la mayoría de los naturalistas y público en general ubicó a Cuvier como el triunfador en dicha disputa.

La labor de Cuvier no se limitó a la investigación. Ocupó varios cargos públicos, algunos de ellos en instancias educativas. Fue asignado por el mismo Napoleón para revisar la educación en todo el país. Además, siguió desempeñando puestos públicos al restaurarse el gobierno de los Borbón en 1814 y al subir al trono la familia de los Orléans en 1830. Su carrera política lo llevó a ser uno de los personajes de mayor influencia en la comunidad científica de esa época en Francia. Debido a lo anterior, fue determinante en el establecimiento de muchas de las políticas científicas de ese país. Ello ha llevado a considerar que sus relaciones públicas fueron muy importantes para que muchas de sus ideas y prácticas fueran desarrolladas por investigadores de su época (Outram, 1984).

Sin embargo, la gran influencia que tuvo Cuvier en naturalistas contemporáneos y posteriores también se debe a la gran trascendencia de sus artículos y libros. Si bien se publicaron varios de sus textos, probablemente su escrito de mayor relevancia es *El reino animal arreglado en conformidad con su organización* (Cuvier, 1831). En este libro, conocido como *El reino animal*, expone de manera detallada la metodología de estudio de los seres vivos fundamentada en los estudios anatómicos de carácter funcionalista que desarrolló. Además, en este texto propone una nueva clasificación de animales basada en esa metodología.

El interés de Cuvier en el funcionalismo se dio desde inicios de su carrera. Esto se debe, en gran medida, a la influencia que tuvieron en él las ideas funcionalistas de Kant (Ruse, 2003:60-61) y la subordinación de caracteres propuesta por Jussieu

[12] Las ideas geológicas y paleontológicas sustentadas por Cuvier, entre ellas, el "catastrofismo" o revoluciones del globo, son reseñadas por Martin J. S. Rudwick (1997) en *Georges Cuvier. Huesos fósiles y catástrofes geológicas*.

(Appel, 1987:33). Además, también se interesó en la taxonomía desde principios de su labor como naturalista. Y, aunado a ello, apoyó la utilización del sistema linneano (Coleman, 1964:23-24).

El sistema linneano de nomenclatura y clasificación fue propuesto por Carl Linnaeus en 1735 en *Systema Naturae*.[13] Es un sistema propuesto con la finalidad de denominar y clasificar a los seres naturales, tanto a los vivos como a los no vivos. Parte de determinar grupos generales que se dividen al encontrar características esenciales que definen grupos de menor extensión. De esta manera, se forman clasificaciones de grupos incluidos en grupos nombrados con términos en latín (Papayero *et al.,* 1997).

El sistema linneano eventualmente se convirtió en el sistema oficial de nomenclatura y clasificación que perdura hasta nuestros días. Sin embargo, a fines del siglo XVIII, cuando Cuvier empezaba su carrera, existía una controversia importante sobre las ventajas y desventajas del sistema linneano; debido a ello era adoptado por algunos naturalistas y rechazado por otros.

Los detractores del sistema linneano de esta época consideraban un problema la utilización de nombres y definiciones en latín, un idioma poco conocido entre los naturalistas de entonces. Y sus primeros impulsores planteaban que es muy útil debido a que asigna un solo nombre oficial a cada uno de los grupos taxonómicos. Esto lo veían como una ventaja debido a que un mismo grupo tiene múltiples nombres comunes, por lo que, la ausencia de un sistema oficial hace indispensable que un taxónomo conozca gran cantidad de términos para que pueda realizar su labor.

El sistema linneano acabó siendo adoptado debido a las ventajas que tenía para los naturalistas el manejar un mismo sistema de nomenclatura y clasificación. Sin embargo, durante el siglo XVIII sólo se utilizó como un orden útil para definir y clasificar. Las clasificaciones que adoptaron el sistema linneano en esta época no se concebían como propias de un orden verdadero. Esto se debe a que se suponía que no reflejaban el plan divino de la Creación, lo cual se consideraba sí sucedía con la escala natural. Debido a ello, la gran cadena del Ser se seguía manteniendo como el orden verdadero de los seres.

Desde inicios de su carrera Cuvier se interesó en los estudios taxonómicos que empleaban el sistema linneano y en las investigaciones anatómicas de carácter funcionalista. Estas influencias lo inspiraron a plantearse como uno de sus principales objetivos el establecer una clasificación de animales que utilizara el sistema linneano. Sin embargo, este naturalista consideró

[13] El libro *Systema Naturae* en su primera edición de 1735, traducido al español, está incluido en el texto escrito por Javier Valdés e Hilda Flores, *El ordenador del mundo* (Valdés y Flores, 2000). Las principales características del sistema linneano son expuestas por Nelson Papavero, José Roberto Pujol Luz y Jorge Llorente-Bousquets en *Historia de la biología comparada. Volumen V. El Siglo de las Luces (Parte I)* (Papavero *et al.,* 2001) y también en *Principia taxonómica*, volumen III (Papavero *et al.,* 1994).

que, para que dicha clasificación fuera natural, era necesario implementar un nuevo método con base en consideraciones funcionalistas (Appel, 1987: 33).

A fines del siglo XVIII el *método natural* de clasificación estaba definido de acuerdo con el número de caracteres utilizados. En esta época se concebía a dicho método como aquel que utilizaba todos los caracteres posibles para formar todos los grupos. Los caracteres empleados en las clasificaciones que se llevaban a cabo en esta época eran los caracteres externos. Debido a ello, se contemplaba que el método natural debía recurrir a la mayor cantidad de caracteres externos posibles. De esta manera, este método no consideraba que se le debía dar mayor importancia a ciertos caracteres en una clasificación, sea por su importancia funcional u otro criterio.

Ciertamente casi todos los naturalistas del siglo XVIII no siguieron el método natural. Clasificaban a los seres naturales al utilizar sólo algunos caracteres, generalmente los que consideraban de mayor importancia. Esto sucedió con el *sistema sexual* de clasificación de plantas propuesto por Linneo. Este sistema proponía clasificar a las plantas recurriendo a los caracteres sexuales, concebidos como relevantes debido a que garantizan la transmisión de los atributos presenten en los organismos. Si bien actualmente se siguen utilizando los órganos sexuales para clasificar a las plantas, esto no se lleva a cabo de la manera propuesta originalmente por este naturalista. Por lo tanto, hoy en día no se emplea.

Es conveniente hacer notar que el sistema sexual de Linneo establece cuáles son los caracteres que deben utilizarse para clasificar a las plantas. No plantea una manera de nombrar y ordenar a las especies como sucede con el sistema linneano de nomenclatura y clasificación. Debido a lo anterior, no hay que confundir este sistema de nomenclatura y clasificación con el sistema sexual, ambos propuestos por Linneo.

Probablemente, Adanson fue el único naturalista que intentó llevar a cabo clasificaciones siguiendo lo que se consideraba el método natural en esta época. A pesar de ello, Cuvier afirmó que lo que se concebía entonces como tal no era propio de una clasificación correcta. Además, rechazó el sistema sexual de Linneo por no basarse en consideraciones funcionalistas. A partir de lo anterior, se hizo a la tarea de proponer el verdadero método natural.

Para desarrollar una metodología de clasificación correcta en animales, este naturalista aplicó el *principio de subordinación de caracteres* propuesto originalmente para plantas por Jussieu. En relación con dicho principio, Cuvier (1831:6) estableció lo siguiente:

> Las partes de un ser poseen adaptaciones mutuas, algunos atributos de un carácter excluyen a otros, mientras, al contrario, hay otros que los requieren. Por lo tanto, cuando percibimos tales caracteres en un ser, podemos calcular de antemano aquellos que coexisten con ellos o que son incompatibles con los mismos. Las partes, las propiedades, o los caracteres de con-

> formación que tienen el mayor número de estas relaciones de incompatibilidad o coexistencia con otras o, en otras palabras, que ejercen la influencia más marcada sobre todo el ser, son denominados caracteres importantes, caracteres dominantes; los demás son caracteres subordinados, todos variando en grado.

Según Cuvier, un ser vivo posee partes cuyas relaciones funcionales son de tal especificidad que determinan la presencia y ausencia de otras partes. De esta manera, si un animal, como el tigre dientes de sable, posee garras largas y filosas, que indican que se alimenta de otro animal de piel y carne duras, presentará otros caracteres que permiten desgarrarlo, como colmillos largos y filosos, así como órganos del aparato digestivo que puedan digerir carne con estas características.

Además, la presencia de garras largas y filosas en un animal evita la existencia de gran cantidad de caracteres, como colmillos pequeños no filosos y órganos digestivos que no pueden digerir carne dura. Por lo tanto, caracteres de gran importancia requieren la presencia de caracteres muy específicos y no de cualquier carácter. De ahí que puedan relacionarse con pocos caracteres y tengan una gran cantidad de incompatibilidades con múltiples caracteres posibles. Debido a lo anterior, Cuvier llegó a afirmar que es posible reconstruir todo un animal a partir del análisis de un solo órgano que indica la presencia y ausencia de otros órganos.

Según Cuvier, órganos que son muy importantes para la sobrevivencia de los seres vivos se presentan de manera constante en diferentes especies, y órganos poco relevantes para la subsistencia se encuentran poco. Por lo tanto, caracteres de gran relevancia deben utilizarse para distinguir las grandes divisiones de los animales, mientras los caracteres de poca importancia funcional, menos comunes, deben emplearse para determinar los grupos animales de menor extensión.

La subordinación de caracteres utilizada por este naturalista, como el fundamento de sus clasificaciones de animales, implica una correlación óptima entre las partes. El naturalista de nuestro interés explicó esta correlación perfecta por medio del movimiento de vida, el movimiento que generan en el organismo sus diferentes partes. Al referirse a éste, Cuvier (1831:9) explicó lo que consideró el principio de correlación entre las partes de la siguiente manera:

> Cada parte coopera en este movimiento general por una acción peculiar, y a partir de él experimenta efectos particulares, para que en todo ser la vida sea un todo, resultado de la acción y reacción mutuas de todas sus partes.

El *principio de correlación entre las partes* establece que las partes de un organismo actúan de forma coordinada para cumplir las funciones necesarias para la sobrevivencia del ser vivo. Según este principio sólo pueden existir las combinaciones de órganos que son funcionales y llevan a un sólo fin, la adaptación del organismo al medio.

El principio de subordinación de caracteres implica el principio de correlación entre las partes. Esto se debe a que los órganos adaptativamente muy importantes presentan relaciones muy específicas con pocos órganos debido a que sólo existen relaciones funcionales entre los órganos que garantizan la sobrevivencia del organismo.

Aunado a lo anterior, Cuvier (1831:9) consideró que el análisis de un organismo permite mostrar lo siguiente:

> Cada cuerpo organizado, independientemente de las cualidades comunes a sus tejidos, tiene una forma peculiar a sí mismo, no sólo general y externa, sino que se extiende al detalle de la estructura de cada una de sus partes, y [...] esta forma [...] constituye su especie y determina lo que es.

Según este naturalista, la forma de los organismos está determinada por sus necesidades funcionales hasta el más mínimo detalle. Además, la estructura que permite el óptimo funcionamiento de un organismo no es general a un grupo extenso de seres vivos, sino que es propia de cada una de las especies. Por ello, el funcionalismo que defendió le llevó a concebir que existen discontinuidades marcadas entre las especies.

Al establecer que cada organismo es un todo que funciona de manera óptima, Cuvier consideró que los seres vivos están

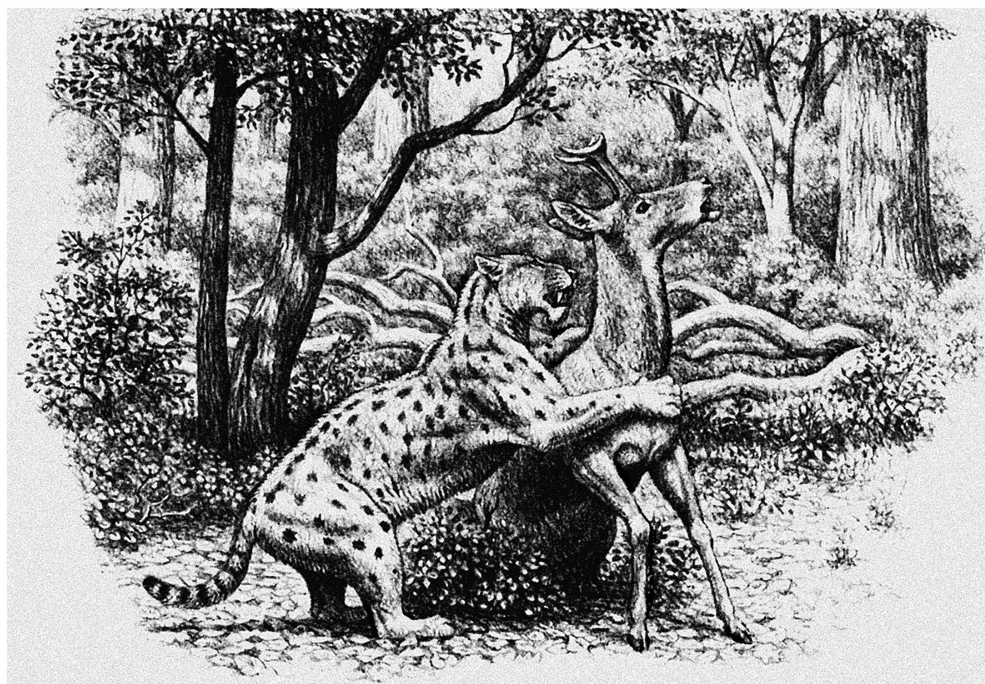


Figura 6. Un tigre dientes de sable atacando a un venado con sus garras y colmillos largos y filosos, caracteres correlacionados para poder alimentarse de dicha presa (tomado de Agustí y Antón, 2002:148).

constituidos por las adaptaciones que resuelven sus necesidades funcionales de la mejor manera posible. Además, concibió que las investigaciones del mundo orgánico deben concentrarse en comprender el funcionamiento óptimo de los organismos. Por ello, defendió lo que actualmente denominamos *biología organísmica*.

Es conveniente indicar que, a pesar que Cuvier argumentó en favor de una biología organísmica, le dio gran importancia al estudio del ambiente en el que habitan los seres vivos. Esto se debe a que, de acuerdo con este naturalista, el medio determina las necesidades adaptativas de los organismos y, a partir de ello, sus funciones. Debido a lo anterior, propuso que al analizarse a los seres vivos se tome en cuenta el ambiente en el que viven. De esta manera, proclamó la necesidad en el estudio del mundo orgánico de lo que posteriormente se conocerá como *ecología*.

La importancia que este naturalista le dio a los factores ecológicos en las investigaciones de la estructura funcional de los organismos se muestra en lo que denominó el *principio básico* en la historia natural: las *condiciones de existencia* o *causas finales*, las cuales Cuvier (1831: 3-4) explicó de la siguiente manera:

> Nada puede existir sin la reunión de las condiciones que permiten su existencia, las partes que componen cada ser deben estructurarse de tal manera que sea posible la existencia de todo el ser, no sólo en relación con sí mismo, sino con respecto a su entorno.

Según el principio enunciado anteriormente, las condiciones en las que vive un organismo determinan su existencia. Y estas condiciones de existencia determinan tanto las relaciones entre sus partes como las relaciones entre el ser vivo y su medio biótico y abiótico.

Al tomar en cuenta los principios enunciados anteriormente, Cuvier propuso una metodología de estudio de la anatomía de los seres vivos bien definida. Este procedimiento lo aplicó para examinar la estructura de las especies actuales y fósiles. Parte de definir las condiciones de existencia o necesidades adaptativas de un organismo de cierta especie; esto se lleva a cabo al analizar el medio que habita. A partir de ello, se establecen las relaciones que debe presentar con su medio y la correlación entre las partes que debe existir para que sobreviva.

De esta manera, se deciden cuáles caracteres son funcionalmente más importantes que otros, es decir, la subordinación de los caracteres. Los caracteres esenciales son los que indican las necesidades adaptativas del organismo. Con base en las necesidades funcionales del ser vivo, se explica la existencia y forma de sus partes. De esta manera, las condiciones de existencia explican las funciones que, a su vez, dan cuenta de las formas de las partes de un ser vivo. Así, *la función determina la forma*.

Cuvier aplicaría esta metodología para explicar la anatomía de un cisne de la siguiente manera. Lo primero es establecer sus condiciones de existencia. Para ello, es necesario conocer el ambiente en el que vive. Un cisne vive en un medio acuático

de poca profundidad con plantas bentónicas, es decir, que se ubican en el fondo. Las condiciones de existencia se definen al encontrar la relación entre el cisne y su medio y la correlación que debe existir entre sus órganos para que se garantice su sobrevivencia. De esta manera, el cisne, por el medio en el que vive, necesariamente debe presentar órganos que sirven para extraer plantas de un fondo poco profundo y órganos para digerirlas. Ambas clases de órganos permiten al cisne alimentarse de las plantas bentónicas y, con ello, subsistir.

A partir de lo anterior se establece la existencia y forma de las partes de un cisne, entre ellas su cuello de gran tamaño, que al sumergirlo le sirve para llegar al fondo con su pico y mantenerse a flote, su pico largo y fuerte que lo utiliza para arrancar las plantas del fondo, y un sistema digestivo que digiere plantas bentónicas. De esta manera se muestra la relación perfecta entre sus partes y la relación óptima del organismo con su medio. Esto se observa en el cisne debido a que su gran cuello, su pico largo y fuerte y su sistema digestivo se correlacionan, ya que todos sirven para alimentarse de materia vegetal que se encuentra en el fondo de un medio acuático poco profundo.

Este procedimiento se basa en explicar la anatomía de los seres vivos a partir de encontrar las funciones adaptativas de las partes de un organismo. Ésta es una característica distintiva del funcionalismo. Si bien Cuvier propuso una postura extrema al concebir como adaptaciones a todos los órganos de un ser vivo, existen planteamientos funcionalistas moderados, en los cuales sólo algunos órganos son considerados como tales.

El funcionalismo radical sustentado por Cuvier asume que todo órgano existe para que el ser vivo tenga un funcionamiento de perfección ilimitada. Y, de acuerdo con este naturalista, *un órgano* sólo puede cumplir de manera óptima *una función*, no varias. Por lo tanto, no hay órganos sin función. Y una función es llevada a cabo en organismos de diferente especie por un mismo órgano. Al considerar que la anatomía debe basarse en consideraciones funcionalistas, este naturalista estableció la necesidad de asignar un mismo nombre a órganos que llevan a cabo una misma función.

Además, el funcionalismo extremo que defendió Cuvier considera que el análisis de las condiciones de existencia de una especie permite determinar la gran mayoría de las características de un ser vivo, tanto anatómicas como de su historia natural en general. Este naturalista consideró que es posible comprender las diversas propiedades de los seres vivos al examinar a cada especie en su entorno ecológico por separado. Sin embargo, indicó que, después de haberse obtenido todos los resultados posibles por medio del análisis de las condiciones de existencia de cada una de las especies, es conveniente comparar la estructura y las propiedades de las diferentes especies para obtener más información sobre los seres vivos (Cuvier, 1831:4).

En consecuencia, Cuvier, influenciado por Daubenton y Vicq d'Azyr, consideró pertinente incluir en sus estudios anatómi-

cos de organismos actuales y fósiles la determinación de correspondencias estructurales entre especies que pertenecen a un mismo grupo taxonómico. Este es el procedimiento en el que se basan las investigaciones formalistas. Por lo tanto, este naturalista no descartó la metodología de estudio de esta postura. No obstante, consideró que ésta sólo debe utilizarse después de haberse agotado los alcances del estudio de las necesidades adaptativas de cada especie de manera individual. Estableció que los estudios comparativos deben interpretarse por medio de consideraciones funcionalistas.

A partir de lo anterior, el naturalista de nuestro interés propuso una nueva disciplina, la *anatomía comparada*. Esta área de estudio consiste en determinar las semejanzas y diferencias estructurales entre especies y explicarlas como resultado de condiciones de existencia similares, en el caso de los parecidos morfológicos, o como efecto de condiciones de vida distintas, si se presentan diferencias anatómicas. De esta manera, la presencia de alas en un cisne y un pato se debe a que este órgano cumple en ambos su necesidad de volar. Sin embargo, mientras el cuello largo del cisne se entiende como consecuencia de su necesidad de alimentarse de las plantas que se encuentran en un fondo poco profundo, el cuello más corto del pato se explica porque necesita obtener su alimento, que incluye plantas, insectos, gusanos y moluscos, de la superficie del agua.

Debido a que consideró que los estudios anatómicos deben sustentarse en ideas funcionalistas, Cuvier afirmó que los órganos deben agruparse en diferentes sistemas según la función que realizan. Este naturalista distinguió en los animales varios sistemas fisiológicos, siendo los sistemas nervioso, el muscular y el circulatorio los que, por no presentarse en vegetales, determinan en mayor medida su adaptación.

Según este investigador, las clasificaciones hechas con base en sistemas fisiológicos distintos no son las mismas. De esta manera, pensaba que una clasificación hecha de acuerdo con el sistema nervioso difiere de aquella realizada por medio del sistema respiratorio y de una clasificación llevada a cabo comparando el sistema digestivo de diversas especies.

Para determinar cuáles eran las *clasificaciones naturales* de los animales, Cuvier aplicó el principio de *subordinación de caracteres*. De ahí que clasificara a los animales formando a los grupos más generales por medio de los caracteres propios del sistema nervioso, muscular y circulatorio, los de mayor importancia adaptativa.

De esta manera, en *El reino animal* Cuvier (1831) planteó que los animales manifiestan *cuatro planes de organización* distintos que exhiben las semejanzas y diferencias en sus sistemas nervioso, muscular y circulatorio. A partir de lo anterior, presentó una nueva clasificación natural de los animales compuesta de cuatro grupos principales que denominó ramas, cada una de los cuales presenta especies construidas a partir de un mismo plan de organización.

Las características de los cuatro grupos, según Cuvier (1831:30-32), son las siguientes:

- *Vertebrata*. Presentan un cerebro y sistema nervioso envueltos por el cráneo y las vértebras. Los músculos generalmente cubren el cuerpo al que le ocasionan el movimiento. Poseen sangre roja, un corazón, boca, órganos de los sentidos, nunca más de cuatro articulaciones y sexos separados. Muestran un mismo plan desde el hombre hasta el último de los peces.
- *Molusca*. No poseen esqueleto. Los músculos están atados a un envoltorio suave. Éste contiene al sistema nervioso compuesto de masas esparcidas, siendo la mayor de ellas el cerebro que se encuentra en el esófago. Poseen órganos del gusto y la vista y sólo una familia presenta órganos de la audición. Presentan un sistema circulatorio completo y órganos particulares de la respiración. Su digestión y secreción son complejos. Poseen un plan general de organización que, sin embargo, no es tan uniforme como el de los vertebrados.
- *Articulata*. Su sistema nervioso consiste de dos cuerdas largas que presentan ganglios, siendo el primero de ellos el cerebro ubicado sobre el esófago. La cubierta del cuerpo está dividida por anillos. Los músculos están situados internamente. En general se presentan articulaciones atadas al tronco. En ellos se observa la transición de una circulación por vasos cerrados a una nutrición por imbibición y de una respiración por órganos circunscritos a aquella por tráqueas localizadas por todo el cuerpo. Presentan órganos del gusto y la vista. Solo una familia posee órganos de la audición.
- *Radiata*. Los órganos están dispuestos como rayos alrededor de un centro. No presentan sistema nervioso distintivo ni órganos particulares de los sentidos. En algunos es difícil encontrar vestigios de circulación. Sus órganos respiratorios se encuentran en la superficie del cuerpo. Su intestino sólo es un saco. Los inferiores de la serie sólo son una pulpa homogénea con movimiento y sensibilidad.

Como se indicó, Cuvier propuso los cuatro grupos de animales referidos anteriormente según las características propias del sistema nervioso, muscular y circulatorio. A partir de ello, dividió cada uno de estos grupos de acuerdo con las propiedades de los demás sistemas, como son el respiratorio y el digestivo. De esta manera, aplicó el principio de la subordinación de funciones para obtener lo que consideró una clasificación natural.

Como se señaló, Cuvier utilizó planes de organización para determinar su clasificación. Estos planes indican lo que Geoffroy Saint Hilaire denominó la unidad de tipo, una semejanza estructural compartida por un grupo de especies. Para este último, la unidad de tipo es el principio fundamental en el estudio de una anatomía formalista. Sin embargo, Cuvier aseveró que los planes de organización están

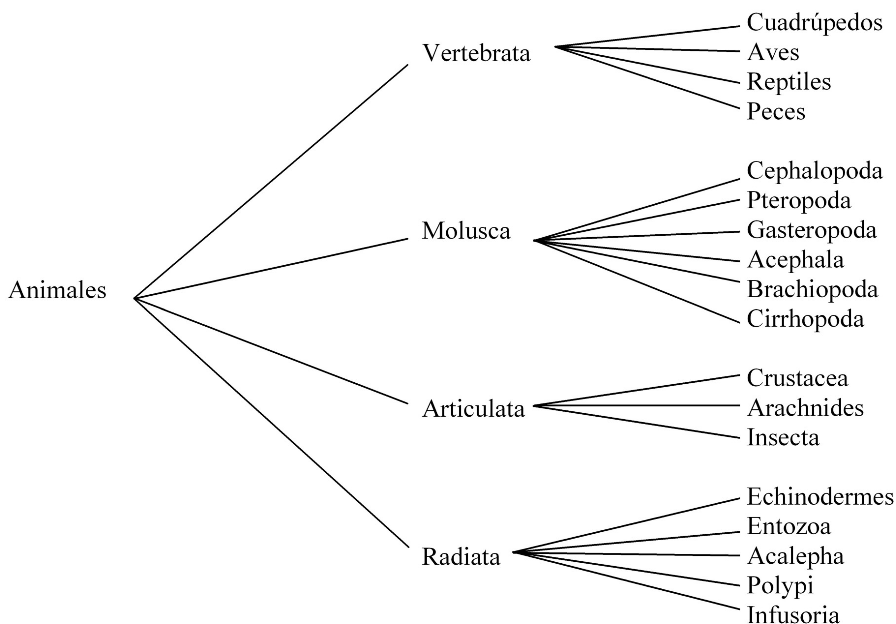


Figura 7. Clasificación natural de los principales grupos de animales según Cuvier (inferido de los planteados en Cuvier, 1831).

determinados por las necesidades adaptativas de los organismos. Por lo tanto, concibió a las condiciones de existencia como un principio superior a la unidad de tipo. Debido a lo anterior, al plantear la presencia de planes morfológicos no propuso una metodología de estudio de carácter formalista.

Además, es importante hacer notar que los cuatro planes de organización que definen cada una de las ramas o grupos principales de animales no fueron construidos a partir de la estructura completa de los organismos. Estos planes *sólo* indican la organización de los sistemas más importantes para la adaptación de los organismos, el sistema nervioso, el sistema muscular y el sistema circulatorio, no de los demás sistemas. Debido a ello, Cuvier no consideró que existen planes morfológicos generales que incluyen las partes de todos los sistemas fisiológicos, lo cual es una consideración propia del formalismo. Ello también muestra cómo, a pesar de concebir planes morfológicos básicos, este naturalista no defendió una anatomía formalista.

Por otra parte, Cuvier postuló cuatro planes de organización para los animales que no pueden reducirse a uno solo. Este naturalista hizo notar algunas similitudes estructurales entre especies de diferente rama, como la existencia de ojos en vertebrados, moluscos y articulados. No obstante, negó que estos parecidos fueran de

tal magnitud que determinen la existencia de un mismo plan estructural para todo el reino animal.

Por otra parte, Cuvier también rechazó que los cuatro grupos o las especies dentro de cada grupo puedan agruparse en una serie lineal de acuerdo con su grado de perfección. Esto se debe a que cada especie presenta sistemas fisiológicos con diferente grado de desarrollo según sus necesidades adaptativas. Todas las especies presentan adaptaciones óptimas, las mejores posibles, más allá de qué tan desarrollados estén. Por lo tanto, no puede considerarse que existen especies superiores a otras.

Al plantear que ni los cuatro grupos principales de animales ni las especies que constituyen cada uno de estos grupos deben ordenarse según su grado de perfección en una serie lineal, Cuvier descartó la gran cadena del Ser como el orden verdadero de los seres. La influencia de las ideas de este naturalista llevó al *rechazo de la escala natural*, especialmente por la mayoría de los naturalistas. Sin embargo, como se mostró anteriormente, durante todo el siglo XIX algunos investigadores del mundo orgánico siguieron considerando a la cadena del Ser como el orden natural, especialmente los morfólogos alemanes.

Si bien Cuvier negó que la clasificación de cuatro grupos de animales que propuso pudiera ubicarse en el orden lineal propio de la escala natural, consideró que era conveniente representarla en un sistema de grupos incluidos en grupos como el contemplado en el sistema linneano. De esta manera, este sistema, concebido originalmente sólo como un orden conveniente para definir y clasificar, se convirtió en el orden verdadero de los seres vivos. A partir de lo anterior, desde principios del siglo XIX se concibieron como órdenes naturales a varias clasificaciones de grupos incluidos en grupos ubicados en el sistema linneano. Comenzó una búsqueda por las *afinidades* o semejanzas que indican las relaciones naturales entre los grupos.[14]

Lo anterior muestra cómo es que Cuvier pensó que tanto cada uno de los planes de organización que presentan los cuatro grupos principales de animales como las divergencias que presentan las especies con respecto a dicho planes son consecuencia de las necesidades funcionales de los organismos. De esta manera, las semejanzas estructurales indican necesidades adaptativas similares y las diferencias estructurales necesidades adaptativas distintas. Además, las necesidades adaptativas son explicadas por medio de principios funcionalistas, como el principio de las condiciones de existencia que incluye al principio de la correlación entre las partes y al principio de la subordinación de caracteres. Es decir, *principios*

[14] Los conceptos que fundamentaron las clasificaciones linneanas durante el siglo XIX, anteriores a Darwin, que eran consideradas naturales por sus autores pero no se concebía que reflejaran la genealogía de las especies son expuestas por Papavero y Llorente-Bousquets en *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica. Volumen IV. El sistema natural y otros sistemas, reglas, mapas de afinidades y el advenimiento del tiempo en las clasificaciones: Buffon, Adanson, Maupertius, Lamarck y Cuvier* (Papavero y Llorente-Bousquets, 1994).

funcionalistas explican las semejanzas y diferencias anatómicas. Esto es propio de un funcionalismo extremo.

Además, lo expuesto anteriormente exhibe cómo la nueva clasificación natural de animales postulada por Cuvier no se fundamenta en planteamientos religiosos. Esto se muestra en el hecho de que este naturalista no mencionó en sus escritos principales que la clasificación que propuso refleje el plan divino de Creación; se debe a que, como la mayoría de los naturalistas franceses de su época, consideró conveniente no incluir sus ideas religiosas en sus planteamientos sobre historia natural (Appel, 1987:53-59).

A pesar de lo anterior, en un artículo denominado *Naturaleza* (1825, citado en Appel, 1987:136-137) y en el debate público que sostuvo con Geoffroy Saint Hilaire (Appel, 1987:151) sustentó su postura funcionalista y, con ello, su clasificación de animales, haciendo alusión a la Creación divina de las especies. Declaró que no es creíble pensar que Dios creó a las especies dotadas de una estructura limitada por el mantenimiento de un plan morfológico básico. Necesariamente el Autor divino tuvo que tener una total *libertad de Creación* de las especies, al diseñarlas con adaptaciones óptimas. Lo anterior muestra que este naturalista profesaba un protestantismo que concebía un Dios de poder absoluto.

Al establecer que los seres vivos presentan un diseño óptimo, Cuvier apoyó el *argumento de complejidad*. Además, al señalar que la estructura compleja de los organismos es una evidencia de la existencia de un Creador inteligente y todopoderoso, defendió el *argumento de diseño*. No obstante, es importante estar conscientes que este argumento no fue esencial en sus investigaciones de los seres vivos.

El naturalista de nuestro interés pensaba que el Creador diseñó de manera óptima a los seres vivos al otorgarles una capacidad de organización. Cuvier (1831:9) se refirió a esta autoorganización propia de lo vivo de la siguiente manera:

> La vida […] presupone organización en términos generales, y la vida propia de cada ser individual presupone una organización peculiar a ese ser […] y todos los intentos de la filosofía nunca han podido descubrir materia en el acto de organizarse, ni por sí misma ni por una causa externa. De hecho, la vida ejerce sobre los elementos que en todo momento forman parte del cuerpo viviente, y sobre el que atraen, una acción contraria a aquella sin la cual se produciría por las afinidades químicas usuales, parece imposible que pueda producirse por esas afinidades, y hasta ahora no conocemos de otro poder en la naturaleza capaz de reunir moléculas previamente separadas.

De lo anterior, se desprende que Cuvier defendió un vitalismo, la idea de que existe un agente propio de lo vivo que organiza la materia. Además, se muestra que este naturalista consideró que las propiedades de organización sólo se encuentran en los seres vivos y no en la materia misma. Esto lo diferencia del vitalismo materialista sus-

tentado por los morfólogos alemanes, en el cual, las capacidades de organización de lo vivo se confunden, hasta cierto grado, con las propiedades de la materia.

Para Cuvier y los naturalistas franceses e ingleses, en general, el vitalismo materialista propuesto por los morfólogos era rechazado por otorgarle a la naturaleza y, con ello, a la materia, características de organización propias de la divinidad. De acuerdo con los investigadores de estos países Dios, a través de la Creación, únicamente les otorgó a los seres vivos su capacidad de organización.

Además, Cuvier aseveró que la organización que presenta cada especie está determinada por sus condiciones de existencia. Por lo tanto, el vitalismo que propuso se fundamentó en sus conceptos funcionalistas (Appel, 1987:50). De ahí que pueda considerarse que defendió un *vitalismo funcionalista*. Esto también lo distingue de los morfólogos, quienes sustentaron su vitalismo en una teleología interna formalista oponiéndose a un funcionalismo.

El funcionalismo que se basa en la idea de una organización óptima de los seres vivos también determinó las ideas de este naturalista respecto al desarrollo embriológico de los organismos. Esto se muestra en lo establecido por Cuvier (1831:9) a continuación:

> […] seres organizados […] los vemos desarrollarse, pero nunca siendo formados […] todos […] en un principio han estado unidos a un cuerpo similar en su forma al suyo, pero que se ha desarrollado antes de ellos […] a un padre. Mientras la descendencia no tiene existencia independiente, pero participa en la de su padre, es denominada germen.

Al enunciar que los seres vivos están preformados desde que son gérmenes presentes en uno de sus padres, Cuvier apoyó un *preformismo*. Aunado a ello, negó un epigenetismo, al establecer que la estructura de un organismo no se va formando a través de su ontogenia sino sólo se desarrolla. De esta manera, el desarrollo es considerado sólo como un proceso que despliega una forma óptima predeterminada de acuerdo con su especie. Debido a ello, este naturalista le dio poca importancia a su estudio (Appel, 1987:49-50).

De acuerdo con Cuvier, la organización tan precisa que manifiesta cada ser vivo no puede ser resultado de cambios que se llevan a cabo durante el desarrollo. Una organización óptima como la que poseen los seres orgánicos necesariamente está preformada. Por lo tanto, el funcionalismo extremo que propuso llevó a que defendiera un preformismo. Este concepto era poco aceptado en la época, siendo el epigenetismo la teoría más apoyada.

Cuvier también utilizó el funcionalismo para proponer lo que consideró como la metodología correcta del estudio de los fósiles, la cual es la misma que aplicó para el análisis de la anatomía de los organismos actuales. De esta manera estableció la necesidad de examinar a las especies fósiles a partir de determinar sus condiciones de existencia, es decir, las relaciones óptimas

que exhiben sus partes entre sí y con el medio. A partir de ello, se establecen las necesidades adaptativas que presentaban. Y, tomando en cuenta lo anterior, se explica la existencia y forma de sus partes.

De acuerdo con este naturalista, como sucede con el estudio de los organismos actuales, las investigaciones paleontológicas deben basarse en el análisis de las condiciones de existencia de cada una de las especies fósiles. Sin embargo, estos estudios no permiten obtener mucha información de las condiciones ecológicas de los organismos del pasado. Debido a ello, Cuvier tuvo que basar muchos de sus estudios paleontológicos en la anatomía comparada entre especies fósiles y especies actuales para establecer cuáles son las necesidades adaptativas de los seres orgánicos del pasado.

Por otra parte, el funcionalismo también influyó en las ideas que tuvo el naturalista de nuestro interés sobre la estructura que presentan los seres vivos a través de su descendencia. Esto se muestra en lo planteado por Cuvier (1831:10) en el siguiente pasaje:

> Todo ser organizado reproduce otros que son similares a él mismo, de otra manera, la muerte sería una consecuencia necesaria de la vida, y las especies se extinguirían.

Según este investigador, sólo los organismos que mantienen su diseño óptimo, aquel propio de su especie, sobreviven y permanecen. Esto se debe a que un organismo presenta relaciones tan específicas entre sus partes y el medio que, si cambia esencialmente, muere. Debido a lo anterior, este naturalista consideró que, si bien los órganos externos varían, los órganos internos que determinan la sobrevivencia de los seres vivos no presentan modificaciones importantes. En los casos en los cuales estos órganos sufren transformaciones considerables el organismo deja de estar adaptado y fenece. De esta manera, su funcionalismo lo llevó a defender un fijismo, la idea de que los seres vivos no modifican su especie a través de su linaje.

El *fijismo* sustentado por Cuvier le ocasionó un enfrentamiento con Lamarck en un debate también muy difundido en la época. En 1809 en *Filosofía zoológica* Lamarck[15] (1914, reimpresión del texto de 1809) propuso un *transformismo* basado en dos procesos. Por una parte, planteó que los seres vivos modifican su especie a través de su linaje debido a lo que denominó la *marcha de la naturaleza*, una tendencia interna a aumentar su grado de complejidad.

Además, Lamarck explicó un transformismo por medio de la *ley del uso y desuso* que establece que los órganos que más se emplean aumentan su tamaño, mientras que aquellos que no se utilizan disminuyen. Al tomar en cuenta esta ley, afirmó que un cambio en las condiciones del medio lleva a los organismos a modificar sus necesidades, con lo cual alteran sus hábitos, el uso y desuso de sus órganos, y su estructura

[15] Las principales ideas sustentadas por Lamarck, así como la controversia que protagonizó con Cuvier, son expuestas de manera amplia por Richard W. Burkhardt (1977) en *El espíritu del sistema. Lamarck y la biología evolucionista*.

hasta conformar una nueva especie. Además enunció que esta nueva morfología se mantiene por medio de una herencia de caracteres adquiridos.

Lamarck refutó el fijismo al establecer que el registro fósil indica que las especies de estratos recientes presentan grandes semejanzas o analogías con las especies actuales. Según este naturalista, ello indica que organismos del pasado modificaron su especie para evitar la extinción. No obstante, estudios comparativos de especies presentes y fósiles realizados por Cuvier lo llevaron a negar las analogías y, con ello, un transformismo.

Debido a que Lamarck señaló que el transformismo es resultado de una modificación en las necesidades adaptativas de los organismos, defendió un funcionalismo. Y, como se exhibió anteriormente, Cuvier fundamentó su fijismo en esta misma postura. Lo anterior muestra que Cuvier y Lamarck propusieron planteamientos opuestos a partir de una misma aproximación, el funcionalismo. Además, exhibe que es factible argumentar un transformismo recurriendo a conceptos que sustentan esta aproximación. Y señala que en el marco del funcionalismo se ha concebido que los seres vivos presentan tanto discontinuidades marcadas como diferencias graduales.

Aunque actualmente se considera que Lamarck defendió la postura correcta en el debate referido, en esa época la mayoría de los naturalistas le dieron la razón a Cuvier. Esta controversia volvió a presentarse posteriormente en la polémica que tuvo este naturalista con Geoffroy Saint Hilaire, quien alegaba en favor de un transformismo.

Como se mencionó anteriormente, Cuvier consideraba que el registro fósil mostraba la existencia de diferentes épocas caracterizadas por su propia diversidad biológica. Debido a lo anterior, se vio en la necesidad de explicar la desaparición y aparición súbita de biota particular. Algunos naturalistas de la época, entre ellos catastrofistas seguidores de este paleontólogo, como Henry de la Beche, interpretaron la discontinuidad en el registro fósil como una evidencia de la extinción de especies al final de cada época geológica debido a catástrofes universales y la Creación divina de nuevas especies al inicio de éstas.

El investigador de nuestro interés aceptó que la desaparición de especies indica la presencia de catástrofes. Sin embargo, al referirse a la posibilidad de creaciones sucesivas, Cuvier (1813, citado en Ruse 2003:64) estableció lo siguiente:

> No pretendo que una nueva creación sea requerida para dar cuenta de la existencia de las razas de animales actuales. Sólo considero que no ocupaban los mismos lugares, y que deben haber venido de otra parte del globo.

Cuvier explicó la aparición súbita de razas y especies nuevas en ciertos estratos geológicos a partir de *migraciones* de organismos que provenían de áreas no afectadas por las revoluciones. Por lo tanto, negó las Creaciones divinas sucesivas de especies. Lo anterior indica que trató de evitar

explicaciones del mundo natural que hacen referencia a intervenciones divinas.

El funcionalismo también fue importante en las explicaciones que llevó a cabo Cuvier sobre la distribución geográfica de los seres vivos. A partir de considerar que los organismos están perfectamente adaptados a su medio, sostuvo la idea, común en la época, de que regiones con un mismo clima albergan las mismas especies y áreas con condiciones ambientales diferentes presentan especies distintas. Así, concibió que el clima da cuenta de la distribución de los seres vivos, idea que se conoce como *determinismo ambiental*.

Lo expuesto anteriormente muestra cómo la metodología propuesta por Cuvier explica la historia natural de los seres vivos en su conjunto. Lleva a comprender la anatomía dando cuenta de todos los caracteres de un organismo de cierta especie al determinar sus necesidades adaptativas. Explica las relaciones taxonómicas al aplicarse la subordinación de caracteres, es decir, al formarse los grupos más generales utilizando los caracteres de los sistemas de mayor importancia funcional y los grupos más específicos recurriendo a los caracteres de los sistemas fisiológicos menos importantes. Permite entender la embriología, al concebirse el desarrollo de un organismo en función del establecimiento de una estructura orgánica óptima, la propia de su especie.

Además, la metodología postulada por Cuvier lleva a comprender la paleontología, al analizarse la anatomía de cada especie fósil y su distribución en distintos estratos geológicos de acuerdo con sus necesidades adaptativas. Explica la biogeografía, al considerarse que la distribución de las especies está determinada exclusivamente por sus condiciones de existencia. Debido a ello, se contempla un determinismo ambiental, al presentarse las mismas especies en los mismos climas y diferentes especies en climas distintos.

Cuvier consideró que el principio fundamental de toda la historia natural es el de las condiciones de existencia o necesidades funcionales de los seres. Al negar que lo inorgánico se rige por este principio, acabó delimitando esta disciplina al estudio de lo vivo. Por lo tanto, se puede plantear que definió a esta área de estudio como lo que actualmente denominamos biología. Además, fundamentó esta disciplina en una metodología de estudio funcionalista; por lo tanto, propuso una *biología funcionalista*.

Cuvier consideró que la metodología que postuló está basada en estudios de carácter empírico. Para este investigador, la historia natural debería ser una disciplina basada en el *análisis de hechos positivos*. Según él, en esta área de estudio no deberían incluirse teorías que son el resultado de especulaciones desmedidas que llevan a una síntesis de hechos inconexos, como sucedía con la unidad estructural de todo el reino animal propuesta por Geoffroy, la escala natural, la epigénesis, la teoría de la recapitulación y el transformismo (Appel, 1987: 46-53).

Mientras Cuvier en el Museo de Historia Natural desarrollaba una metodología funcionalista de estudio de los seres

vivos, Étienne Geoffroy Saint Hilaire elaboraba en el mismo museo –a unos cuantos metros– una metodología con los mismos fines pero de carácter formalista. A continuación analizaremos el formalismo propuesto por Geoffroy para, a partir de ello, examinar el enfrentamiento que se derivó de esa situación.

El formalismo de Geoffroy Saint Hilaire

Étienne Geoffroy Saint Hilaire[16] nació en Etampes, un pequeño pueblo al sur de París, en 1772. Estudió filosofía en Navarra, así como leyes y medicina en París. Tuvo que interrumpir su carrera al cerrarse la Facultad de Medicina debido a la Revolución Francesa. A pesar que sus conocimientos de zoología eran escasos, en 1793, gracias a una recomendación, fue asignado por Daubenton como uno de los encargados de las colecciones biológicas del Jardín del Rey, en sustitución de Bernard Germain Étienne de la Ville, Comte de Lacépède. Al convertirse esta institución en Museo de Historia Natural ese mismo año, Geoffroy fue reubicado como profesor de zoología. Posteriormente pasó a ser el encargado de la colección de mamíferos y aves.

Como se mencionó anteriormente, dos meses después Geoffroy apoyó a Cuvier para que ingresara al mismo museo como profesor de anatomía comparada. En un principio, ambos investigadores tuvieron buenas relaciones. Cuvier llegó a vivir un tiempo en casa de Geoffroy y realizaron investigaciones conjuntas. Sin embargo, al paso del tiempo diferencias académicas y personales los distanciaron, dejando de colaborar en sus estudios.

De 1798 a 1802 Geoffroy formó parte de una expedición científica a Egipto organizada por Napoleón, en donde participaron otros científicos y artistas. En este viaje recolectó gran cantidad de ejemplares de animales actuales y fósiles. A su llegada a París realizó varias investigaciones taxonómicas y anatómicas de animales, algunas basadas en el material recolectado en Egipto. Entre estos trabajos se encuentran estudios de mamíferos, entre ellos marsupiales, murciélagos y monos del viejo mundo, peces como la raya eléctrica y los peces eléctricos, reptiles como el cocodrilo del Nilo, y aves.

Desde inicios de su carrera Geoffroy mostró un interés por el formalismo. Lo anterior se evidencia en las principales influencias que tuvo. Mientras Cuvier fundamentalmente se inspiró en ideas de Kant y Jussieu, Geoffroy se vio influido por los morfólogos alemanes pero primordialmente por las ideas de Buffon y Daubenton. Lo que más le llamó la atención a Geoffroy de los trabajos de estos naturalistas franceses fueron los estudios anatómicos que planteaban la existencia de planes morfológicos básicos o *tipos* de un conjunto de especies.

Es conveniente indicar que, si bien en la primera mitad del siglo XIX el término

[16] Existen pocos textos dedicados exclusivamente a la vida de Étienne Geoffroy Saint Hilaire, la mayoría en francés, entre ellos, *La vida y la obra de Étienne Geoffroy Saint-Hilaire* de Théophile Cahn (1962), y *Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Un naturalista visionario* de Hervé Le Guyader (1998).



Figura 8. Étienne Geoffroy Saint Hilaire, aproximadamente en 1842, a la edad de 70 años (tomado de Desmond, 1989:285, originalmente en el Wellcome Institute Library, Londres).

tipo se asociaba a un plan estructural, ya sea de una especie o de un grupo de especies, existían otros significados relacionados con dicho término (Farber, 1976). Sin embargo, en este texto lo utilizamos para referirnos a un plan morfológico de un grupo de especies.

Geoffroy escribió múltiples artículos y libros que influyeron a otros naturalistas. Sin embargo, el texto de este naturalista que tuvo mayor trascendencia fue *Filosofía anatómica: sobre los órganos respiratorios con respecto a la determinación e identidad de las piezas óseas*, publicado de 1818 a 1822 (1968, reimpresión del texto de 1818-22). En dicho escrito, conocido como *Filosofía anatómica*, este naturalista propone una metodología de estudio anatómico de los seres vivos.

La metodología propuesta en este texto eventualmente constituyó una disciplina conocida con el mismo nombre, *filosofía anatómica*. Esta denominación indica que se trataba de una doctrina dedicada al es-

tudio de la estructura de los seres vivos y que se ubicaba en el ámbito de la filosofía natural. Por lo tanto, su objetivo era determinar las causas de la morfología de los seres orgánicos y no sólo su descripción anatómica.

Geoffroy Saint Hilaire (1968, tomado de Russell, 1982:53) inicia *Filosofía anatómica* planteando la siguiente pregunta:

> ¿La organización de los vertebrados puede referirse a un tipo uniforme?

Para responder dicha interrogante, Geoffroy (1968, tomado de Russell, 1982: 53) afirmó:

> Ahora es evidente que el único principio general que uno puede aplicar está dado por la posición, las relaciones y las dependencias de las partes, es decir, por lo que nombro e incluyo en el término de conexiones.

De esta manera, este naturalista estableció que se puede determinar si los vertebrados están construidos a partir de uno o más planes morfológicos básicos sólo a partir del *principio de las conexiones*, es decir, únicamente si se comparan las conexiones que presentan entre sí las partes de las diferentes especies de vertebrados. Con ello, descartó que fueran las necesidades funcionales de los órganos lo que determina la anatomía de los animales, como lo había planteado Cuvier.

Geoffroy Saint Hilaire continuó este texto exponiendo la localización que presentan en el cuerpo las partes de los diferentes vertebrados. Y, habiendo presentado dicho análisis, respondió a su pregunta inicial afirmando que todos los vertebrados están construidos a partir de un solo tipo o plan morfológico básico constituido por órganos análogos.

Geoffroy denominó *análogos* a los órganos de diferente especie que guardan las mismas conexiones y, por lo tanto, ocupan un mismo lugar en el cuerpo. Es importante hacer notar que posteriormente Owen (1848:6) denominó homólogos a esta clase de órganos. Además, este último término es el empleado actualmente para referirse a una correspondencia estructural entre las partes.

Geoffroy consideró que los órganos análogos pueden variar de manera importante en su tamaño, como lo había establecido Aristóteles en el principio del más o menos, y en su forma. Como se mostró, lo anterior ya había sido planteado, no sólo por Aristóteles, sino por Buffon y Daubenton, así como por Kant y morfólogos alemanes como Goethe.

Aunado a lo anterior, Geoffroy Saint Hilaire (1807, citado en Appel, 1987:89) planteó lo siguiente en otro texto:

> Es sabido que la naturaleza trabaja constantemente con los mismos materiales. Ella es ingeniosa al variar sólo las formas. Si, de hecho, se restringiera a las (mismas) ideas primitivas, uno observa que siempre tiende a causar que los mismos elementos reaparezcan, en el mismo número, en la misma circunstancia y con las mismas conexiones.

Como lo había sustentado Aristóteles, Geoffroy estableció que órganos que guardan las mismas conexiones están compuestos de la misma materia orgánica. De esta manera, propuso el principio de la *unidad de composición orgánica*.

Derivado de los principios expuestos anteriormente, Geoffroy enunció un principio más general, el cual nombró *unidad de tipo* o *unidad de plan*. Este naturalista concibió a la unidad de tipo como el que todas las especies de un mismo grupo, como el de los vertebrados, presentan un mismo tipo al exhibir los mismos órganos, compuestos de los mismos materiales orgánicos (según la unidad de composición orgánica), que guardan las mismas conexiones entre sí (lo cual se deriva del principio de conexiones) y que difieren sólo en su tamaño o en su forma.

Es importante hacer notar que Geoffroy no pensaba que la correspondencia estructural entre especies fuera aproximada, como lo establecieron Aristóteles, Buffon, Daubenton, Kant, Goethe y Carus. Según él, las especies de un mismo grupo presentan una *correspondencia anatómica absoluta*, la cual incluye la existencia de un mismo número de órganos.

A partir de lo anterior, Geoffroy (1968, tomado de Russell, 1982: 53) estableció lo siguiente:

> […] un órgano puede ser deteriorado, atrofiado, aniquilado, pero no transpuesto.

De esta manera, Geoffroy afirmó que cualquier estudio comparativo muestra que órganos análogos presentes en diferentes especies no presentan modificaciones en el lugar que ocupan en el cuerpo. Es decir, las *correspondencias estructurales* se obtienen *sin mover partes*. Se puede considerar que éste es el fundamento de la metodología propuesta por este anatomista. Sin embargo, como veremos posteriormente, el afán de este investigador en demostrar una unidad estructural de todo el reino animal, lo llevó a proponer correspondencias estructurales al mover órganos.

La correspondencia estructural entre especies de un mismo grupo cobró tal importancia en Geoffroy que consideró que los estudios anatómicos deben basarse en su totalidad en dicho principio. Al aplicar este principio de manera rigurosa este naturalista propuso una metodología de investigación anatómica bien definida.

La metodología propuesta por Geoffroy inicia con la comparación de un grupo de especies que lleva al establecimiento de su plan morfológico básico. Esto se realiza al determinarse cuáles son las partes de las diferentes especies que presentan correspondencias estructurales debido a que exhiben las mismas conexiones con otras partes. Owen (1848:7) posteriormente denominó la correspondencia estructural entre especies *homología especial*.

De acuerdo con Geoffroy, el plan morfológico se conforma de las partes más desarrolladas. Para ello, es necesario encontrar las estructuras de mayor tamaño presentes en alguna de las especies del grupo taxonómico examinado. Obtenido el plan morfológico, se compara cada una de sus estruc-

turas con las correspondientes presentes en las diferentes especies, para encontrar cómo varían en tamaño y forma. Tiempo después Owen (1848:7) nombró a la correspondencia estructural entre un plan morfológico y una especie *homología general*.

De esta manera, Geoffroy propuso un método de investigación anatómica bien definido. Anteriormente había sido planteado de manera general por Aristóteles, Buffon, Daubenton, Kant y Goethe. Sin embargo, Geoffroy lo formalizó al establecer que el *único* criterio que se debe seguir para determinar correspondencias estructurales es encontrar las conexiones que se presentan entre las partes de un organismo. Los naturalistas anteriores utilizaban otros criterios para ello, como la forma o la función de las partes.

El trabajo de Geoffroy fue importante debido a que a partir de sus planteamientos se consideró que las correspondencias anatómicas se debían encontrar sólo al analizar las conexiones que presentan las partes de los organismos. Ello permitió que se conformara el estudio anatómico y, a partir de ello, la investigación de las diversas propiedades de los seres vivos en una disciplina fundamentada en la determinación de planes morfológicos básicos.

La relevancia que tenía para Geoffroy la obtención de arquetipos muestra el papel que le otorgó a la *síntesis* de hechos observados. Según este naturalista, aun cuando en la historia natural los hechos son importantes, la verdad se obtiene al unificarlos por medio de ideas. Este planteamiento lo defendió a tal grado que llegó a establecer que, en ocasiones, es más importante basarse en intuiciones correctas no sustentadas en evidencia empírica que en hechos, debido a que las intuiciones más que los hechos pueden llevarnos a descubrir la verdad. De acuerdo con Geoffroy, lo anterior sucedió con Buffon, al concebir correctamente que no existen las mismas especies en el viejo y el nuevo mundos basado en evidencia falsa. Debido a ello, para este naturalista la existencia de hechos que contradicen una teoría sintética no necesariamente debe llevar a descartarla (Appel, 1987:134).

La importancia de la síntesis para Geoffroy se revela en la manera en la que estructuró el plan morfológico básico de los vertebrados, a partir de la teoría vertebral del cráneo propuesta por Oken. Con base en esta teoría, Geoffroy concibió al cráneo y a la columna vertebral arquetípicos, a partir de la repetición y transformación de una vértebra tipo. La *vértebra tipo* la consideró como la de *máximo desarrollo* en los vertebrados, aquella presente en los peces pleuronéctidos. De esta manera propuso lo que se ha denominado un *arquetipo perfeccionista*, el cual difiere de los arquetipos reduccionistas de los vertebrados planteados por Carus y Owen, los cuales están basados en vértebras poco desarrolladas (Richards, 2002:302).

La determinación de una vértebra tipo le permitió a Geoffroy llevar a cabo otra clase de método comparativo. Este procedimiento consiste en comparar la vértebra tipo (u otro elemento ideal, como podría ser la hoja arquetípica) con las otras vértebras (u otros elementos presentes en un mismo

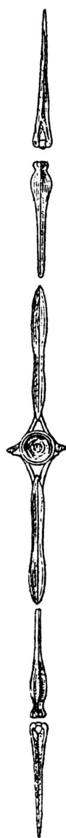


Figura 9. Vértebra tipo, propia de los peces pleuronéctidos, postulada por Geoffroy Saint Hilaire (1822); tomado de Papavero y Llorente-Bousquets, 1995:147.

organismo, como las otras hojas). Este método posteriormente fue denominado por Owen (1848: 7-8) *homología serial*.

Geoffroy concibió a los principios que propuso como leyes naturales que operan en todo ser vivo. Debido a lo anterior, pensó que las funciones que llevan a cabo los organismos solo se cumplen dentro de los límites que impone su tipo. De esta manera, los vertebrados que vuelan solo pueden cumplir esa función por medio de órganos propios de su plan estructural, que contempla un tronco con un par de miembros superiores y otro par de miembros inferiores. Por lo tanto, la existencia de ángeles es inconcebible debido a que presentan dos pares de articulaciones superiores.

La idea de que la *morfología* de los organismos está *acotada por el mantenimiento de un plan estructural* tuvo otras consecuencias en la anatomía de los seres vivos. Por una parte, si en cierta especie no se requiere que un órgano propio del plan morfológico básico cumpla una función, se sigue presentando. Por ello, existen órganos sin función. Además, si en determinada especie es necesario que un cierto órgano lleve a cabo una función diferente a la que es realizada por un órgano correspondiente, así sucede. Debido a ello, órganos que presentan una correspondencia estructural pueden presentar diferentes funciones.

Como muestra de lo anterior, Geoffroy señaló que, mientras el opérculo en los peces sirve para respirar, este hueso en los mamíferos es utilizado para escuchar. En casos como éstos, consideró como la función primaria de un órgano a la que se lleva a cabo en la especie que presenta este órgano más desarrollado, y como la función secundaria a aquella realizada por el órgano en su condición más pequeña. En el caso del opérculo, este investigador ubicó a la respiración como la función primaria, debido a que es la realizada por los organismos que exhiben un opérculo más grande, los peces. Y aseveró que la audición es la función secundaria, al ser realizada por los

mamíferos, los organismos cuyo opérculo es el menos desarrollado.

A partir de lo anterior, encontramos que Geoffroy hizo notar que órganos que ocupan una misma posición en el cuerpo pueden realizar diferentes funciones en diferentes especies, que una función puede ser realizada por diferentes órganos en diferentes especies, y que existen órganos sin función. Con ello, *negó que un órgano presenta una sola y misma función* en todas las especies que comparten un plan de organización, como lo establecía el funcionalismo defendido por Cuvier.

Además, Geoffroy rechazó la idea funcionalista que considera que los organismos poseen cierta forma para vivir en un medio específico. Debido a lo anterior, este investigador afirmó que en el estudio de los seres vivos deben descartarse las explicaciones que hacen referencia a necesidades adaptativas. De acuerdo con este naturalista, las relaciones ecológicas de los seres vivos se comprenden al considerar que viven en determinado ambiente debido a la forma que poseen. Por lo tanto, consideró necesario estudiar, en primera instancia, la morfología de los seres vivos para, a partir de ello, dar cuenta de las funciones adaptativas que realizan. Así, *la forma determina la función*.

La metodología de estudio formulada por Geoffroy originalmente fue propuesta para llevar a cabo investigaciones anatómicas de los seres vivos, a partir del estudio comparativo de especies. No obstante, acabó siendo considerada por Geoffroy como el fundamento, no solo de la anatomía, sino de toda la historia natural de los seres vivos. Da cuenta de las relaciones taxonómicas al incluirse en un grupo las especies que comparten un plan morfológico básico. Esclarece la embriología al estudiarse el desarrollo, a partir de determinar cuándo aparecen las diferentes correspondencias estructurales que exhiben un grupo de especies.

Además, la metodología propuesta por Geoffroy explica la paleontología, ya que se examinan los fósiles al determinarse cuál es el plan estructural al que pertenecen y cómo se diferencian con éste en el tamaño y forma de sus partes. Permite entender la biogeografía al investigarse la distribución de los organismos, a partir de ubicar en donde se presentan las especies que comparten un mismo plan morfológico básico. Y lleva a comprender la ecología al explicar la relación del organismo con su medio, tomando como base su morfología determinada por el plan estructural que exhibe.

De esta manera, la filosofía anatómica postulada por Geoffroy acabó conformando una disciplina que estudia las diversas características de los seres vivos de manera conjunta. Por lo tanto, se estructuró en lo que actualmente denominamos biología. Y, al basarse en el estudio de la forma, conformó una *biología formalista*.

Al estudiar a los seres vivos a partir de determinar las características morfológicas que presentan los organismos, Geoffroy propuso una *biología organísmica* como la sustentada por el funcionalismo postulado por Cuvier. Sin embargo, se diferencia de ésta por considerar que las investigaciones biológicas deben fundamentarse en el

estudio de la forma y no de las funciones de los organismos.

El formalismo defendido por Geoffroy se relaciona con sus ideas religiosas. Ciertamente, al inicio de su carrera compartió, con los naturalistas franceses de su época, la idea de que la religión y la historia natural no deben mezclarse. Ello se muestra en las críticas que le hizo a Cuvier por haber sustentado en su artículo *Naturaleza* (Appel, 1987:140-141) y en el debate público que protagonizaron (Appel, 1987: 154-155) su doctrina con argumentos religiosos. Sin embargo, sus ideas sobre los seres vivos se relacionan con sus conceptos religiosos. Además, después de la muerte de su rival, el interés de Geoffroy por unificar el conocimiento, ya no sólo acerca de los seres vivos sino del mundo en general, lo llevó a proponer teorías que integraban conceptos científicos y religiosos.

Una de las ideas religiosas vinculada con su postura formalista, que manejó desde principios de su carrera, es el considerar que la unidad de tipo es un principio que el mismo Creador estableció. Al ser deísta, Geoffroy limitó la intervención divina al establecimiento de leyes naturales. A partir de ello consideró que el Autor supremo creó a las especies con formas no adaptativas, debido a que estuvo limitado por el mantenimiento de un plan morfológico básico. Así, concibió que *Dios limitó su propia Creación*. El deísmo sustentado en este planteamiento es propio del catolicismo, religión a la que perteneció el naturalista de nuestro interés.

Geoffroy utilizó la metodología de investigación referida anteriormente para explicar, hacia el final de su carrera, las múltiples propiedades que exhiben los seres vivos. Al hacerlo, defendió diversas teorías, la gran mayoría de las cuales las tomó de la morfología alemana. Esto lo llevó a cabo a pesar de la mala reputación que tenía esta disciplina entre los naturalistas franceses debido a su carácter panteísta, al atribuirle a la naturaleza propiedades de organización que se consideraban propias de lo vivo y no de la materia inorgánica.

Influenciado por los morfólogos alemanes, Geoffroy enunció que el arquetipo vertebrado debe estar constituido por las vértebras más grandes del grupo, debido a que todos sus miembros tienen la tendencia a seguir una misma secuencia de etapas embrionarias predeterminadas que establecen una forma adulta con partes muy desarrolladas. Y, siguiendo a Blumenbach, este naturalista aseveró que el desarrollo ideal de un organismo es dirigido por una *fuerza formativa* que opera desde el embrión. Por lo tanto, a diferencia de Cuvier que defendió un preformismo, Geoffroy sustentó un *epigenetismo* (Appel, 1987:127).

Este naturalista también se vio influenciado por la morfología alemana al declarar que el desarrollo ideal de los seres vivos se ve interrumpido por la influencia del medio. Debido a lo anterior, apoyó la *teoría de supresión del desarrollo* o *teoría de la recapitulación*. Esta teoría le permitió explicar por qué algunas especies carecen de órganos análogos presentes en otras especies de su mismo grupo si las correspondencias estructurales deben ser absolutas,

como afirmaba el propio Geoffroy. Según este naturalista, esto se debe a que órganos análogos se encuentran en diferentes especies en distintas etapas embrionarias, por lo que la ausencia de un órgano análogo en alguna especie sólo indica que se presenta en otro periodo de su desarrollo.

De esta manera Geoffroy dio cuenta de por qué mamíferos adultos carecen de ciertos huesos craneales presentes en peces adultos. Al encontrar los huesos inexistentes en los embriones de los mamíferos, argumentó que esto se debe a que los peces adultos han llegado a la misma etapa de desarrollo que los embriones de los mamíferos, mientras que los mamíferos adultos están en una etapa de mayor desarrollo (Appel, 1987:88-89).

Geoffroy también utilizó la teoría de supresión del desarrollo para defender un *transformismo* en animales. En relación con ello, declaró que en épocas pasadas ciertas características del medio, como concentraciones específicas de oxígeno, influyeron en la fisiología de los animales de tal manera que llevaron a que su desarrollo se viera interrumpido en etapas tempranas. Además, recurriendo a planteamientos materialistas, afirmó que cambios en el ambiente dieron lugar a modificaciones fisiológicas que permitieron que su desarrollo no se truncara en las primeras etapas. De esta manera, sustentó su transformismo en un *efecto mecánico del medio*.

Es conveniente hacer notar que, al considerar que el medio ejerce una influencia en los seres vivos por medio de fuerzas mecánicas, Geoffroy propuso que el *ambiente* es *causa eficiente de la morfología* y no causa final de la misma. Este naturalista negó que las necesidades adaptativas determinan la anatomía de los organismos y, por lo tanto, que los seres vivos manifiestan adaptaciones de perfección absoluta. Lo anterior muestra su rechazo al funcionalismo.

A partir de lo anterior, estableció que el transformismo explica por qué especies de animales actuales presentan un mayor número de fases que especies fósiles y, con ello, una morfología adulta más desarrollada. De esta manera, propuso un transformism*o* como resultado de una *adición terminal de fases embrionarias* de especies del pasado.

Al pensar que especies inferiores con estructuras menos desarrolladas se presentan en estratos antiguos y especies superiores con estructuras de mayor tamaño se encuentran en estratos recientes, Geoffroy apoyó lo que hemos denominado en este trabajo *progresionismo recapitulacionista*. Con ello, concibió un triple *paralelismo entre el desarrollo embrionario, la escala natural de animales y el registro fósil*. Como se señaló anteriormente, el progresionismo recapitulacionista originalmente fue postulado por algunos morfólogos alemanes. Sin embargo, la mayoría no lo explicaron por medio de un transformismo como lo llevó a cabo Geoffroy. Sólo Meckel insinuó una modificación de los seres vivos a través de su linaje al concebir una adición terminal de etapas embrionarias de las especies del pasado.

Como evidencia de su teoría transformista, Geoffroy presentó a algunos fósiles con órganos poco desarrollados; entre ellos

se encuentran los pertenecientes a *Teleosaurus*, género de cocodrilos fósiles que presentan estructuras óseas de menor tamaño que aquellas que exhiben los cocodrilos actuales (Appel, 1987:131-132). Este naturalista planteó la existencia de transformaciones de gran magnitud a través del tiempo geológico, como la modificación de reptiles nadadores y voladores en mamíferos. No obstante, en la mayoría de los casos propuso transformaciones pequeñas de una especie a otra del mismo género. Debido a lo anterior, este investigador estableció que sólo algunas especies se han originado por medio de un transformismo mientras que la mayoría son resultado de una Creación divina.

Geoffroy también buscó evidencias de su teoría transformista en estudios teratológicos de malformaciones monstruosas que él mismo llevó a cabo. En dichos estudios exhibió estructuras hiperdesarrolladas como resultado de cambios en el desarrollo debidos a modificaciones del ambiente. Este investigador consideró que la razón por la cual los órganos referidos no eran funcionales es porque habían sido resultado de transformaciones excesivas. No obstante, declaró que los cambios geológicos han dado lugar a modificaciones funcionales de menor magnitud que han permitido la sobrevivencia de los organismos modificados (Appel, 1987:130-136).

Geoffroy no sólo explicó las variaciones que presentan las especies con respecto a su arquetipo por medio de un transformismo. También dio cuenta de éstas, al argumentar que en un organismo el aumento en el tamaño de un órgano es balanceado con la disminución en otro. Este naturalista denominó este principio como la *ley del balance* o *ley de la compensación*. Sin embargo, como se ha mencionado, ya había sido propuesto por Goethe, quien planteó que la compensación de partes se debe a una cantidad finita de nutrientes.

Por otra parte, el naturalista de nuestro interés explicó la conformación de los planes morfológicos haciendo referencia a conceptos materialistas. De acuerdo con este investigador, durante el desarrollo embrionario de un organismo, las conexiones entre las partes que determinan el arquetipo se establecen como resultado de una atracción de materia orgánica parecida. Este naturalista denominó a dicho principio como la *ley de lo semejante por lo semejante*. Este principio sustenta una idea similar a la postulada por Buffon, en la que se considera que los seres vivos mantienen un molde interno debido a la atracción de sus moléculas orgánicas.

De esta manera, Geoffroy estableció que especies que comparten un mismo arquetipo presentan las mismas conexiones debido a la ley de lo semejante por lo semejante, pero varían en tamaño y forma por la ley del balance y el efecto mecánico del medio que puede dar lugar a un transformismo. La ley de lo semejante por lo semejante, la ley del balance y el efecto mecánico del medio en el organismo son principios materialistas. Como se mostró anteriormente, esta clase de principios también fue incluida en las teorías de los morfólogos alemanes.

A partir de lo anterior, encontramos que Geoffroy consideró que tanto las se-

mejanzas como las diferencias anatómicas de las especies son resultado de principios estructurales que derivan de leyes mecánicas. Es decir, *principios estructurales y mecánicos explican las semejanzas y diferencias anatómicas*. Esto es propio de un formalismo extremo.

En *Filosofía anatómica* Geoffroy aplicó sus principios para explicar la estructura de los vertebrados. Al llevarlo a cabo intentó mostrar que todas las especies de este grupo manifiestan una unidad de tipo. Esto lo realizó al presentar evidencias que muestran que no existe parte de un organismo, como los huesos de un pez, que no tenga su órgano correspondiente en los otros vertebrados. No obstante, posteriormente este naturalista no sólo quiso establecer que existe una unidad de tipo en los vertebrados, sino intentó ir más allá.

Geoffroy pretendió mostrar que el plan morfológico de los vertebrados se extiende a otros grupos de animales en trabajos subsecuentes. Aun cuando no compartía las ideas funcionalistas de Cuvier, adoptó, como la mayoría de los naturalistas de su época, la clasificación de cuatro grupos de animales propuesta por este anatomista. Al haber mostrado la unidad de tipo en vertebrados, intentó establecer que dicha unidad se extiende a otro de los cuatro grupos, los articulados, grupo conocido actualmente con el nombre de artrópodos.

Para sustentar lo anterior, Geoffroy manejó la idea de que cada segmento del esqueleto de los articulados es una vértebra, la cual, como sucede en los vertebrados, está compuesta de cuatro piezas elementales que se unen en un espacio central circular. Y si encontramos que en los vertebrados el esqueleto es interno, mientras que el esqueleto en los articulados es externo, según este naturalista, ello no contradice el que sean estructuras correspondientes. Esto se debe a que consideró que es posible que la correlación entre estructuras se mantenga a partir de una inversión. De esta manera, estableció que las partes de una vértebra de un pez pleuronéctido, que se extienden dorsal y ventralmente, presentan una correspondencia absoluta con las partes de un segmento abdominal de una langosta dispuestas lateralmente (Geoffroy 1822, citado en Russell, 1982).

Lo anterior exhibe cómo es que Geoffroy acabó estableciendo correspondencias estructurales entre partes sin considerar la posición que ocupan con respecto al exterior, es decir, si son dorsales o ventrales, centrales o laterales, sólo según sus conexiones. Con ello, acabó encontrando partes correspondientes al trasladarlas, rotarlas o interpolarlas. Ello contradice sus propuestas iniciales que consideraban que para ello no había que mover partes. Además, al no establecer de manera clara cómo llevar a cabo estos procedimientos, la metodología de estudio anatómico que propuso perdió objetividad. Todo esto lo hizo con el propósito de establecer una unidad estructural de diferentes grupos de animales.

De esta manera, encontramos que Geoffroy propuso una metodología de estudio de los seres vivos basada en la determinación de correspondencias estructurales obtenidas al encontrar los órganos

comunes que mantienen sus conexiones. No obstante, realmente acabó implementando su *metodología con dos variantes*, en la primera, *sin mover partes*, lo cual lo realizó al inicio de su carrera, y en la segunda, *al mover partes*, lo cual lo llevó al final de su quehacer como naturalista.

Después de que Geoffroy intentó mostrar en distintos textos que entre los vertebrados y articulados existe un plan morfológico en común, pretendió establecer que este tipo se extiende aún más. Esto lo logró por medio de un trabajo realizado por dos naturalistas franceses que establecía que los moluscos también comparten dicho plan. Se acercaba a su *objetivo final*, el determinar la existencia de *un tipo único para los cuatro grupos de animales*, los vertebrados, los articulados, los moluscos y los radiados. No obstante, lo anterior lo

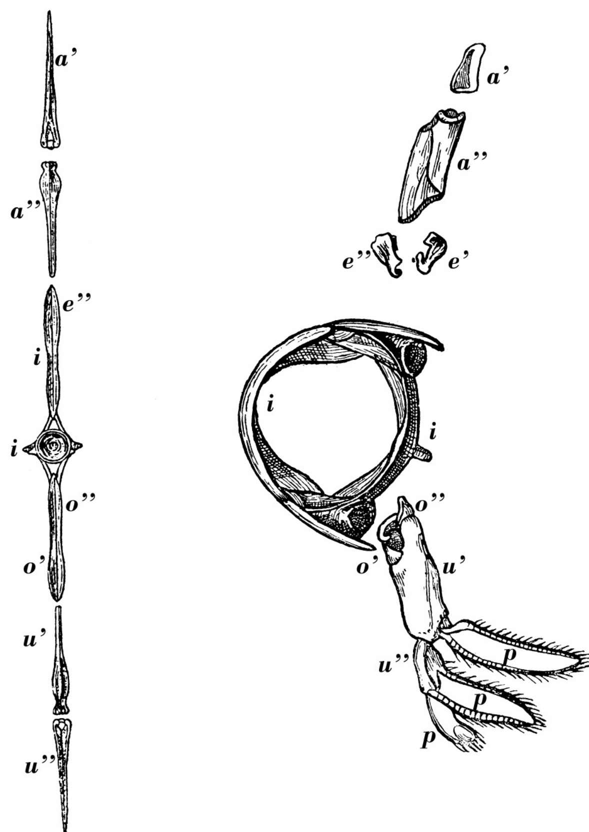


Figura 10. Correspondencia entre las partes de una vértebra de un pez pleuronéctido expuesta ventralmente y un segmento abdominal de una langosta presentada lateralmente, según Geoffroy Saint Hilaire (1822); tomado de Papavero y Llorente-Bousquets, 1995:147.

enfrentó de manera directa con Cuvier en un debate público que se convirtió en un enfrentamiento personal y que mostró la polarización de las diferentes posturas que ambos naturalistas defendían.

El debate público

La confrontación pública entre Geoffroy Saint Hilaire y Cuvier (Appel, 1987: 145-155) se originó como una discusión sobre la validez de un trabajo titulado *Algunas consideraciones sobre la organización de los moluscos* escrito en 1829 por Meyranx y Laurencet. Esta investigación mostraba cómo todos los órganos de un pulpo se correspondían con aquellos presentes en un vertebrado. Para lograr lo anterior los dos naturalistas presentaron al pulpo y a un cuadrúpedo doblado hacia atrás al nivel del ombligo, estableciendo las correspondencias estructurales de esta manera.

Meyranx y Laurencet enviaron su trabajo en octubre de 1829 a la Academia de Ciencias de París, con la finalidad de que se programara para ser expuesto en una de sus sesiones. Sin embargo, durante seis meses no recibieron respuesta, a partir de lo cual, en febrero de 1830, pidieron que lo examinara una comisión. Por ello, la academia nombró a Geoffroy junto con otro naturalista, Pierre André Latreille, para que revisara dicho trabajo.

Debido a que aportaba evidencias de una unidad estructural del reino animal, Geoffroy, al hacer un reporte sobre el trabajo, lo apoyó con entusiasmo, recome-

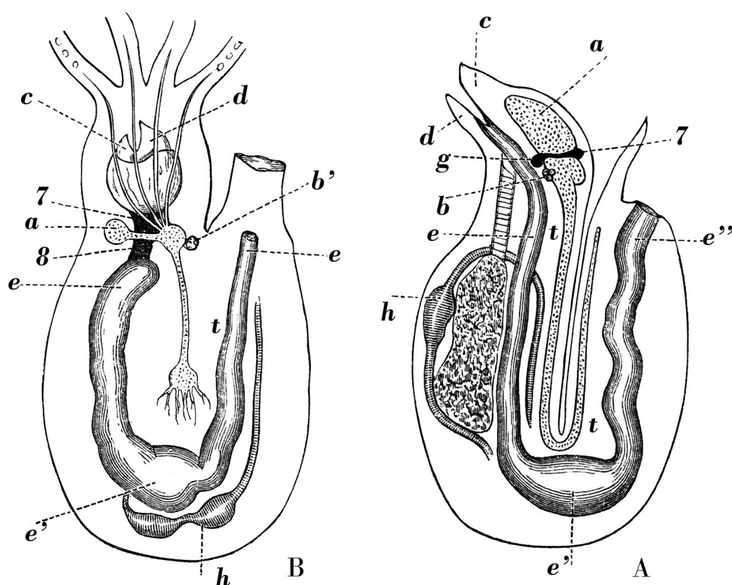


Figura 11. Correspondencia entre los órganos de un pulpo y un cuadrúpedo doblado hacia atrás al nivel del ombligo, según Meyranx y Laurencet (modificado por Owen de Cuvier, tomado de Rupke, 1994:173).

dando que se publicara en la revista de la academia que se escribía para el público que no era miembro de la misma. Sin embargo, la polémica que suscitó con Cuvier llevó a que nunca se publicara y probablemente sea la razón principal por la que se perdió el escrito.

El reporte elaborado por Geoffroy alababa el estudio al establecer que atendía la necesidad de la zoología de la época de encontrar las semejanzas entre los diferentes grupos de animales. Además, catalogaba como anticuados a los estudios de entonces que se concentraban en determinar las diferencias entre los seres vivos. Y hacía referencia a una cierta investigación sobre moluscos como un ejemplo de esta clase de estudios obsoletos. Era obvio que esta referencia hacía alusión a un trabajo anterior de Cuvier.

Geoffroy presentó el reporte del trabajo de Meyranx y Laurencet el 15 de febrero de 1830 en la reunión semanal de la academia que se llevaba a cabo todos los lunes. Cuvier lo leyó y se sintió ofendido. Consideró que el trabajo estaba totalmente equivocado y pidió que Geoffroy eliminara los pasajes que lo insultaban. Además, prometió que ahondaría en su crítica posteriormente. Geoffroy aceptó suprimir las indirectas agraviantes para el registro oficial de la academia. Sin embargo, la controversia no quedó ahí.

En la próxima reunión de la academia del 22 de febrero, Cuvier señaló que los términos empleados en la filosofía anatómica sustentada por Geoffroy, como unidad de composición y unidad de tipo, no eran claros o eran utilizados de una manera incorrecta, debido a que mostraban semejanzas inverosímiles. Aunado a ello, planteó que el estudio de las analogías era tan antiguo como Aristóteles y estableció que éstas sólo tienen sentido si se subordinan a un principio superior, el de las condiciones de existencia. Además, presentó un trabajo en donde mostró que, si bien los vertebrados y los moluscos presentan órganos comunes, no era posible plantear una correspondencia precisa entre todos sus órganos y considerar que fueron construidos con base en un plan morfológico en común.

A partir de este momento, el debate se centró en la pugna entre Geoffroy Saint Hilaire y Cuvier, dejándose de lado el trabajo de Meyranx y Laurencet. Como respuesta a las críticas de Cuvier, en la próxima sesión de la academia del 29 de febrero, Geoffroy planteó que los términos unidad de composición y unidad de tipo no son confusos debido a que se basan en el principio de las conexiones. Además, estableció que este principio fundamenta las analogías que propuso, lo cual las diferencia de las analogías planteadas por Aristóteles que habían sido determinadas de acuerdo con la forma o la función de los órganos. Para ejemplificar la manera de aplicar dichos términos presentó un análisis comparativo del hueso hioideo en el gato y en el hombre para mostrar una correspondencia absoluta entre sus partes.

Durante las siguientes dos sesiones no se llevó a cabo el debate, debido a que Geoffroy no atendió la siguiente sesión y Cuvier la subsecuente. Sin embargo, la po-

lémica se retomó en la reunión del 22 de marzo durante tres sesiones más. En estas reuniones discutieron si el hueso hioideo presente en mamíferos y aves debía explicarse al hacerse referencia a necesidades funcionales, según Cuvier, o a correspondencias absolutas, de acuerdo con Geoffroy. Además, este último presentó correspondencias estructurales de los huesos de la respiración en peces, mamíferos, reptiles y aves. Por otra parte, explicó la falta de correlación en algunos huesos, entre ellos el hioideo, como resultado de la compensación de partes o como consecuencia de la supresión del desarrollo.

En estas sesiones, especialmente la última, el debate abrió su espectro, al incluir aspectos más generales que aquellos relativos a la anatomía de los seres vivos. Geoffroy contrastó lo que consideró como el antiguo método comparativo basado en causas finales de Aristóteles y Cuvier con su nuevo método que explicaba las funciones a partir de la morfología. Además, reconoció que la filosofía de la naturaleza había abusado en sus supuestos. Sin embargo, afirmó que la ciencia debe recurrir, no solo a hechos positivos estériles, como los propios de la escuela de Cuvier, sino más que nada a razonamientos útiles, como los empleados por Lamarck para explicar el transformismo de las especies por la influencia del ambiente.

Por su parte, Cuvier mostró varios casos de huesos, entre ellos el hioideo, en donde no existían correspondencias estructurales entre varios grupos, aun si se llevaban a cabo translaciones, rotaciones e interpolaciones de partes. Aunado a ello, aseveró que el sustentar una correspondencia absoluta de órganos lleva a concebir a un Autor limitado en su creación y a una naturaleza indescifrable. Además criticó la teoría de Geoffroy, por apoyar el panteísmo postulado por la filosofía de la naturaleza, que lo llevó a explicar el origen de las especies a partir de la teoría de la supresión del desarrollo.

Para principios de abril el debate había llamado la atención del público en general. Era presenciado por gran cantidad de personas, tanto por científicos como por gente dedicada a otras actividades, quienes participaban de forma activa, opinando y hasta gritando. Además, era cubierto por varios periódicos y revistas, algunas científicas. Por ello, parecía más un evento teatral que una discusión científica.

Debido a lo anterior, en la sesión del 5 de abril, Geoffroy anunció que no continuaría el debate. Planteó que la polémica no había servido para clarificar los temas tratados y había alterado su amistad con Cuvier. Indicó que iba a publicar una serie de textos en donde defendía su doctrina y refutaba las objeciones a la misma planteadas por su rival. Cuvier también estuvo de acuerdo con finalizar la controversia. Era claro que ambos no se iban a poner de acuerdo. Además, los miembros de la academia estaban cansados de la confrontación. Y existía el riesgo de que ésta se convirtiera en un enfrentamiento con consecuencias más graves.

Después del debate público ambos protagonistas polarizaron sus posturas. Acabaron

siendo extremadamente críticos y hasta sarcásticos con quienes criticaban sus planteamientos. Ello generó gran tensión en la Academia de Ciencias y entre sus colegas en general. Además, tuvo consecuencias en la asignación de puestos a naturalistas y científicos franceses y en otras políticas científicas del país.

En julio de 1830 hubo una revolución en Francia que llevó al reemplazamiento del rey Carlos X de los Borbón por Louis Philippe, duque de Orléans, de tendencia más liberal. Cuvier, protegido del régimen anterior, huyó a Inglaterra durante la revolución, temeroso de represalias contra su persona. Sin embargo, acabada la lucha volvió a Francia para fines de agosto y recobró sus puestos. De esta manera, la revolución no modificó en mucho la pugna entre Cuvier y Geoffroy.

Aunque el debate público acabó en abril de 1830, durante los próximos dos años la polémica continuó en textos publicados por los autores, en pugnas que se presentaban en la academia y en periódicos y revistas que seguían tratando la confrontacion (Appel, 1987:165-170). Por una parte, Geoffroy escribió su punto de vista sobre la polémica en *Principios de filosofía zoológica, discutidos en marzo de 1830 en la Academia Real de las Ciencias* (Geoffroy Saint Hilaire 1830), libro que salió publicado ese mismo año. Este escrito, conocido como *Principios de filosofía zoológica*, fue de gran trascendencia, al influir en múltiples naturalistas.

Por su parte, Cuvier evitaba el enfrentamiento con Geoffroy en las reuniones de la academia. No obstante, siguió defendiendo su postura en otros frentes, principalmente en sus escritos. Ello se muestra en un texto que escribió en 1832 que iba a ser leído en las reuniones de la academia como un elogio a Lamarck, muerto en 1829. En este supuesto elogio, Cuvier ubica a Lamarck en la misma categoría que los científicos que fundamentan sus estudios en ideas fantásticas y no en la observación y el cálculo, lo cual, evidentemente aludía a Geoffroy. Lo establecido por Cuvier causó tal indignación en la familia de Lamarck y otros naturalistas que se leyó en la academia hasta 1835 y sólo parcialmente.

Cuvier murió de cólera en 1832, a los 63 años de edad, en una epidemia que azotó a París. De esta manera finalizó la polémica. Después de su muerte, Geoffroy, sin la influencia moderadora de su contrincante y siendo para entonces un naturalista renombrado, amplió sus estudios a otras esferas más allá de la anatomía. Su interés primordial fue la filosofía natural, específicamente unificar las diversas disciplinas científicas en leyes generales que explicaran todos los procesos naturales (Appel, 1987:178-188).

Los planteamientos realizados por Geoffroy en esta época eran tan especulativos que acabó siendo ignorado por la mayoría de los naturalistas, incluido su propio hijo Isidore. A fines de 1834 Henri Marie Ducrotay de Blainville, el zoólogo más reconocido de la época, se rehusó a publicar uno de sus reportes de la Academia de Ciencias en los anales del museo. Ello provocó que Geoffroy abandonara el Museo de Histo-

ria Natural. A partir de lo anterior, se fue aislando cada vez más de la comunidad científica, publicando por su cuenta sus escritos. En éstos defendía una ciencia sintética mezclada con humanismo y religión que proponía fuera abierta al público en general.

En 1844, a los 72 años de edad, Geoffroy murió como un héroe popular. A su funeral acudieron múltiples científicos, intelectuales, artistas y escritores, entre ellos, Victor Hugo. De esta manera se rindió tributo a uno de los protagonistas de un debate trascendental para el estudio de los seres vivos.

CONTEXTO HISTÓRICO DE LA POLÉMICA

Un debate diverso

La controversia entre Cuvier y Geoffroy fue un enfrentamiento entre posturas diferentes sobre anatomía, biología, historia natural, ciencia, filosofía, política y religión. Por una parte, fue un debate entre dos metodologías de estudio de la biología basadas en la anatomía. Fue una disputa entre el funcionalismo de Cuvier, que se fundamenta en la determinación de necesidades adaptativas de cada especie, y el formalismo de Geoffroy estructurado a partir del establecimiento de planes morfológicos básicos comunes a un grupo de especies. Fue una pugna entre la *biología funcionalista* de Cuvier y la *biología formalista* de Geoffroy.

Derivado de lo anterior, la confrontación referida también fue una contienda sobre cuál es el principio fundamental en el estudio de los seres orgánicos. Cuvier proclamó que las *condiciones de existencia* es el principio más importante en esta área de estudio. Si bien aceptó la existencia de planes de organización, consideró que están determinados por las necesidades adaptativas de cada especie. Por lo tanto, aseveró que las condiciones de existencia son un principio superior a la unidad de tipo. De esta manera, propuso que *la función determina la forma*.

Por otra parte, Geoffroy estableció que la *unidad de tipo* es el principio esencial en la investigación de los seres vivos. Según este naturalista, la unidad estructural y, con ello, las semejanzas entre un grupo de especies no se explican por las necesidades adaptativas de los organismos. Los seres vivos presentan una forma que les permite llevar a cabo ciertas funciones. De esta manera, sustentó que *la forma determina la función*.

Relacionado con lo anterior, el debate a su vez fue una controversia sobre las causas que determinan los planes morfológicos y sus variantes. Según Cuvier, tanto los planes generales como sus divergencias están definidos por las *necesidades adaptativas* de cada una de las especies. Por lo tanto, principios funcionalistas explican la anatomía de los organismos.

Por otro lado, de acuerdo con Geoffroy, los planes son consecuencia de la atracción de la materia orgánica semejante, según lo establecido por la *ley de lo semejante por lo semejante*. Además, según este naturalista las variaciones en el tamaño y forma de sus partes resultan del *efecto mecánico del medio* en los organismos y, por la *ley del balance*,

del aumento en el tamaño de un órgano que es compensado por la disminución de otro órgano. Consecuentemente, las condiciones de existencia no determinan en sentido alguno la anatomía de los organismos. Por lo tanto, principios estructurales sustentados en leyes mecanicistas son los que dan cuenta de la morfología de los seres orgánicos.

A partir de lo anterior, la pelea referida también fue una confrontación sobre qué clase de principios explican las semejanzas y diferencias en la forma de los seres vivos. Cuvier explicó las *semejanzas y diferencias anatómicas* al recurrir a *principios funcionalistas*, y Geoffroy por medio de *principios estructurales y mecánicos*.

Además, fue una pugna entre distintas ideas sobre el número de planes estructurales que presentan los animales y lo que representan. Cuvier defendió la existencia de *cuatro planes* que indican las correspondencias estructurales que se presentan en los sistemas fisiológicos más importantes. Y Geoffroy propuso *un plan* para todo el reino animal que manifiesta una correspondencia morfológica absoluta de todas las especies en todos los sistemas fisiológicos. Por lo tanto, propuso una unidad de tipo para todos los animales.

Asimismo, fue una disputa entre dos maneras de concebir la Creación divina de las especies. Cuvier pensaba que el Autor supremo tuvo una *libertad absoluta en la Creación* de las especies al dotarlas con las mejores adaptaciones posibles. Y Geoffroy concibió que Dios mismo determinó una *Creación limitada por un plan estructural*.

Relacionado con lo anterior, fue una contienda sobre el grado de perfección de las adaptaciones y, por lo tanto, sobre las relaciones ecológicas que exhiben los seres vivos. De acuerdo con Cuvier, los organismos exhiben *adaptaciones óptimas*, de perfección ilimitada; para Geoffroy, los seres vivos presentan *adaptaciones limitadas por un plan estructural*.

De igual manera, fue una controversia sobre la funcionalidad de los órganos. Cuvier consideró que *un órgano* siempre lleva a cabo *una función* en especies diferentes. Y Geoffroy *negó* que un órgano realice una función. De acuerdo con este naturalista existen órganos sin función, un órgano puede realizar distintas funciones en especies diferentes, y distintos órganos pueden efectuar una misma función.

También fue una pelea entre diferentes teorías embriológicas. Cuvier mantenía un *preformismo*, al aseverar que la estructura de un organismo de cierta especie está predeterminada y, por lo tanto, sólo se despliega durante el desarrollo. Y Geoffroy apoyó un *epigenetismo*, al plantear la existencia de una fuerza formativa que dirige el desarrollo desde la concepción.

Aunado a ello, fue una discusión sobre la *teoría de la recapitulación*. Geoffroy la sustentaba al establecer que los animales presentan una misma secuencia de etapas embrionarias que se ven suprimidas debido a la influencia del medio. Y Cuvier, al postular un preformismo, la rechazó.

Igualmente, fue un debate sobre la relación entre el desarrollo embrionario, la escala natural de animales y el registro fósil.

Cuvier indicó que no hay un vínculo entre ambos aspectos. Y Geoffroy utilizó la recapitulación para exhibir un *paralelismo entre el desarrollo embrionario*, *la escala natural de los animales y el registro fósil*. Esto lo realizó al proponer un *progresionismo recapitulacionista*, el que en etapas geológicas posteriores las especies poseen estructuras más desarrolladas, debido a que pasan a través de más etapas embrionarias.

Del mismo modo, fue una disputa sobre la magnitud y causas del cambio que experimentan los seres vivos a través de su linaje. Cuvier postuló un *fijismo*, la idea de que los seres vivos no modifican su especie a través de su descendencia. Esto se debe a que, según este naturalista, las especies presentan relaciones tan específicas entre sus partes y con el medio que si un organismo se altera esencialmente, muere. Y Geoffroy argumentó en favor de un *transformismo*, al declarar que los seres orgánicos cambian de especie a través de su linaje. Esto lo hizo recurriendo al progresionismo recapitulacionista, al considerar que cambios en el medio provocan que las especies sufran una *adición terminal de etapas embrionarias*.

Por otro lado, fue una confrontación sobre cuál es la historia natural que debe llevarse a cabo. Cuvier implementó una *historia natural analítica*, mientras que Geoffroy desarrolló una *historia natural sintética*. Relacionado con lo anterior, también fue un debate entre dos maneras de hacer ciencia. Cuvier apoyó una *ciencia conservadora* basada en la observación de hechos y Geoffroy una *ciencia reformista* que promovía el planteamiento de ideas más aventuradas.

Además, puede considerarse como una batalla entre dos posturas sobre política científica. Cuvier defendía una *ciencia institucional*, al tener un fuerte apoyo de las principales instancias académicas y políticas que se traducía en el apoyo de la mayoría de los naturalistas franceses de la época. Y Geoffroy sustentaba una *ciencia contestataria*, al oponerse a la ciencia oficial profesada por Cuvier, siendo alentado por pocos naturalistas, quienes generalmente lo hacían de manera velada para no ser sujeto de represalias por parte de Cuvier.

Lo expuesto muestra que Cuvier y Geoffroy Saint Hilaire defendieron posturas antagónicas en múltiples aspectos. Ello explica por qué el debate que protagonizaron fue de tanto interés. Y permite comprender por qué la disputa ha sido examinada a través de la historia de múltiples maneras.

Múltiples interpretaciones de la polémica

El hecho de que en la controversia entre Cuvier y Geoffroy se hayan confrontado tantas posturas opuestas ha permitido que se formulen múltiples interpretaciones de dicho evento, desde varias perspectivas en relación con diferentes cuestiones. Esta disputa académica ha sido concebida de distintas maneras en relación con cuál fue el punto principal del enfrentamiento, quién resultó el triunfador y cuál fue la relevancia histórica del mismo. Ello ha dependido de la historia y las condiciones del lugar y época en donde se ha llevado a cabo el análisis de la confrontación.

El debate ha sido examinado no sólo por naturalistas y biólogos, sino por filósofos,

historiadores, humanistas, escritores y periodistas. Existen diversos análisis sobre este evento. Sin embargo, sólo expondremos las interpretaciones más importantes que se han hecho de esta controversia. En primera instancia mostraremos cómo los periódicos y revistas franceses de la época en la que se llevó a cabo reseñaron esta pugna. Para ello es conveniente estar conscientes de la gran agitación política y social que se dio en Francia durante este periodo histórico como resultado, en gran medida, de los múltiples cambios de régimen que acontecieron en este país.

En 1789 Francia pasó de una monarquía conservadora gobernada por los Borbón a una república, como resultado de la Revolución Francesa. Posteriormente, Napoleón Bonaparte dio un golpe de Estado, en 1799, para restaurar la monarquía. Sin embargo, en 1814 el poder regresó a los Borbón. Y en el mismo año en el que Cuvier y Geoffroy se confrontaron de manera abierta en la Academia de Ciencias, la Revolución de 1830 colocó en el poder a la familia de los Orléans de corte liberal.

Debido a lo anterior, la sociedad francesa estaba altamente politizada cuando se llevó a cabo la pugna que nos ocupa. Además, estaba dividida en quienes tenían una mayor simpatía por políticas conservadoras y aquellos que apoyaban políticas más liberales. Ello contribuyó a que la pelea pública fuera presentada por *algunos periódicos y revistas* como una batalla de índole político, entre una *ciencia conservadora* defendida por Cuvier y una *ciencia liberal* lidereada por Geoffroy.

Bajo esta perspectiva, los periódicos conservadores tendían a ubicar a Cuvier como el vencedor de la lucha, al considerar que sus planteamientos estaban bien fundamentados en hechos positivos y no caían en conceptos absurdos. Y los periódicos liberales generalmente planteaban que Geoffroy había sido el ganador, al afirmar que su teoría promovía ideas novedosas y progresistas que cuestionaban la ciencia establecida (Appel, 1987:155-158).

Hubo algunos escritores y humanistas franceses que conocieron acerca del debate, en muchos casos, por medio de los últimos textos de Geoffroy cargados de ideas humanistas y religiosas. Algunos, como Honorato de Balzac y Georges Sand, se refirieron a este naturalista de manera directa o velada en sus escritos. En ellos lo concibieron como un rebelde y activista que se levantó contra la ciencia institucional representada por Cuvier y promovió una ciencia para el pueblo. Además, por su relación con las ideas de la filosofía de la naturaleza, ciertos textos lo retrataron como un místico y panteísta que concebía a un Dios naturalizado diferente al retratado por el catolicismo (Appel, 1987:188-201).

Sin embargo, la mayoría de las publicaciones que reseñaron el debate público cuando éste se llevó a cabo, entre ellas periódicos y revistas científicas, lo presentaron como un enfrentamiento sobre anatomía o historia natural. Por una parte, algunas publicaciones lo ezpusieron como una controversia entre la *historia natural conservadora y analítica* de Cuvier y la *historia natural progresiva y sintética* de Geoffroy.

Y otras lo exhibieron como una pugna entre dos teorías anatómicas, una que apoyaba las *causas finales* en el estudio de los seres vivos, la de Cuvier, y otra que proponía la *unidad estructural* en el mundo orgánico, la de Geoffroy (Appel, 1987:155).

A su vez, la mayoría de los *naturalistas* europeos de la época concibieron a la polémica como un enfrentamiento entre dos *metodologías de estudio* de los seres vivos, y entre dos maneras de concebir la *unidad estructural del reino animal*. Pensaban que Cuvier defendía una metodología basada en la determinación de las *necesidades adaptativas* de los organismos, así como la existencia de *cuatro planes* de organización en los animales. Y planteaban que Geoffroy sustentaba una metodología de estudio fundamentada en el establecimiento de *planes morfológicos básicos*. Además, ubicaban a este naturalista como un defensor de la *unidad estructural* y la *unidad de composición orgánica* aplicada a todo el reino animal. A partir de ello, asociaban a este naturalista con la filosofía de la naturaleza alemana.

Aunque había un consenso entre los naturalistas europeos de este periodo sobre los principales puntos tratados en el debate, concibieron al ganador y a la trascendencia del enfrentamiento de diferente manera, según la tradición de estudio que imperaba en el país donde laboraban. Por una parte, en esta época el estudio de los seres vivos en Francia se vio fuertemente influenciado por las ideas de Cuvier. Esto se debe, en parte, a los cargos públicos que ocupó, los cuales le dieron la oportunidad de influir en muchas de las políticas científicas que se implementaron en este periodo. Además, la mayoría de los naturalistas franceses de esta época concebían que sus planteamientos estaban bien fundamentados en hechos observables.

Asimismo, en esta época los investigadores franceses tendían a rechazar las ideas de Geoffroy. Los conceptos que tomó de los morfólogos alemanes se asociaron a esta disciplina, siendo descartadas por su carácter panteísta y por considerarse poco claros. Además, virtualmente todos sus compatriotas negaron la unidad estructural y la unidad de composición orgánica aplicada a todo el reino animal.

Debido a lo anterior, la mayoría de los naturalistas franceses de la época, incluidos los alumnos de Geoffroy, como su hijo, Isidore Geoffroy Saint Hilaire y Étienne Serres, pensaban que Cuvier había defendido su postura de una manera más clara y no había caído en las especulaciones excesivas mostradas por Geoffroy. Por lo tanto, casi todos los colegas franceses de ambos investigadores ubicaban a Cuvier como el ganador del debate (Appel, 1987: 170-171).

Sin embargo, no todos los naturalistas franceses de este periodo le dieron la misma importancia a la controversia. Por una parte, los discípulos de Cuvier, entre ellos, Charles Léopold Laurillard, Georges Louis Duvernoy y Marie Jean Pierre Flourens, apasionados defensores de su mentor, no le dieron importancia al debate. Tanto ellos como los principales naturalistas del Museo de Historia Natural de la

época, como Pierre André Latreille, Jean Victoire Audouin, André Marie Constant Duméril, Henri Milne Edwards y Frédéric Cuvier, hijo de Georges, escribieron sobre la polémica solo después de la muerte de Geoffroy. Esto puede deberse a que hayan considerado que las ideas de Cuvier, establecidas en la comunidad científica para cuando se dio el debate, realmente no fueron refutadas por Geoffroy. Además, es posible que no quisieron verse involucrados en la polémica (Appel, 1987:172).

Por otra parte, los naturalistas franceses de esta época que apoyaban a Geoffroy aseveraron que la controversia había tenido gran repercusión, debido a que este naturalista había mostrado la importancia de estudiar la unidad estructural del mundo orgánico. El principal seguidor de este naturalista, Étienne Serres, afirmó que el método propuesto por su mentor fue de gran trascendencia, debido a que en un futuro permitiría encontrar la afinidad entre los vertebrados e invertebrados por medio de la teoría de supresión del desarrollo (Appel, 1987:171-172).

Por otra parte, los morfólogos alemanes de esta época, por sustentar ideas muy similares a las expuestas por Geoffroy, se identificaron con este naturalista. Lo anterior se muestra en lo escrito por Goethe en las dos reseñas sobre el debate público que salieron tanto en Francia como Alemania (Goethe 1831, citado en Appel, 1987: 156, 276, n58; 1832, tomado de Appel, 1987: 143-144, 273, n3). La importancia que le dio este poeta y naturalista a la confrontación se muestra en el hecho de que la segunda reseña fue el último texto publicado que escribió durante su vida.

Goethe presentó la disputa pública como un gran evento histórico, debido a que llevó a la sustitución en el estudio de los seres vivos de las causas finales por ideas novedosas que muestran la unidad orgánica. Concibió una confrontación entre una *historia natural sintética basada en ideas* defendida por Geoffroy, opuesta a una *historia natural analítica sustentada en hechos independientes* postulada por Cuvier. Y ubicó a Geoffroy como continuador de la filosofía de la naturaleza y no de los conceptos formalistas de Buffon, Daubenton y Vicq d'Azyr (Appel, 1987: 158-161).

En el caso de Inglaterra, la larga tradición que tenía el funcionalismo en el estudio de los seres vivos fue determinante para que en este periodo se concibiera a Cuvier como el triunfador en la controversia que nos ocupa. Además, llevó a que los naturalistas ingleses se identificaran con la postura de este investigador.

Posteriormente, el establecimiento del evolucionismo modificó de manera importante la manera de interpretar la confrontación que nos ocupa. Jonathan Hodge (1990: 374-375) ha hecho notar que el interés de algunos evolucionistas de fines del siglo XIX en defender la teoría de la evolución frente al creacionismo los llevó a reescribir, no sólo la historia del estudio de los seres vivos, sino la historia del pensamiento occidental en general como una historia gradual de evolucionismo contra creacionismo, de ciencia contra religión. De esta manera, se constituyó la historia tradicional de la biología.

El establecimiento de la *historia tradicional de la biología* fue determinante para que, en tal época, algunos naturalistas concibieran al debate como una confrontación entre el *evolucionismo* sustentado por Geoffroy y el *fijismo* defendido por Cuvier. Esto es claro en lo establecido por el francés Edmond Perrier al respecto.

Perrier (1896, citado en Appel, 1987: 234-235, 291, n116), un promotor del lamarckismo, explicó la pugna que nos ocupa como un antecedente del enfrentamiento entre Cuvier y Lamarck. Con ello, utilizó la disputa para acabar elogiando el evolucionismo de Lamarck cuya intuición, de acuerdo con Perrier, lo llevó a fundar la teoría de la evolución a pesar de la oposición de Cuvier, un naturalista de gran poder político.

A pesar de la influencia del evolucionismo en la interpretación de la controversia, a principios del siglo xx el zoólogo inglés Edward Stuart Russell (1982, reimpresión del texto de 1916) presentó el enfrentamiento de una manera diferente en su libro *Forma y función. Una contribución a la historia de la morfología animal*, el texto más conocido que trata la relación entre el *funcionalismo* de Cuvier y el *formalismo* de Geoffroy.

En el trabajo referido, Russell estableció que explicaciones mecanicistas basadas en propiedades de la materia no pueden dar cuenta de la complejidad inherente al mundo orgánico. Debido a ello, planteó la necesidad de estudiar a los seres vivos con base en las propiedades que exhiben los organismos en su totalidad. A partir de ello defendió en este texto una biología organísmica.

La biología organísmica sustentada por Russell lo llevó a darle cierta importancia a la metodología de investigación propuesta por Geoffroy. Sin embargo, criticó los excesos a los que llegó este naturalista por intentar explicar todas las propiedades de los seres vivos a partir de un formalismo extremo. De acuerdo con Russell, en el estudio de los organismos son indispensables las aproximaciones funcionalistas. De ahí que considere a Cuvier como un investigador de gran trascendencia y que lo ubique como el triunfador de la confrontación que nos ocupa.

A mediados del siglo xx la conformación de la síntesis moderna de la evolución reforzó la importancia del evolucionismo, no sólo en el estudio de los seres vivos sino también en la historia de la biología. Ello influyó praa que varios evolucionistas promovieran la postura historiográfica tradicional que analiza la historia de la biología como un enfrentamiento entre evolucionismo contra creacionismo. Esto se muestra en el texto de fines del siglo xx más conocido sobre la historia de la biología escrito por Mayr (1982), *El crecimiento del pensamiento biológico*. Además, lo anterior se exhibe en varios escritos del filósofo David Hull (1965a, 1965b, 1989) y en gran cantidad de textos de múltiples científicos, historiadores, sociólogos y filósofos.

La mayoría de los trabajos escritos desde mediados del siglo xx que sustentan la historia tradicional de la biología, incluidos los textos referidos de Mayr y Hull,

conciben el debate como un enfrentamiento sobre diferentes maneras de concebir la relación entre la forma y la función orgánicas. Sin embargo, al ubicar las posturas defendidas por Cuvier y Geoffroy en el marco de la postura historiográfica referida, acaban dándole poca importancia por considerar que forman parte de una tradición que no contribuyó al desarrollo de la biología. Además, la consolidación de la historia tradicional de la biología llevó a que algunos textos de fines de siglo xx siguieran concibiendo el debate que nos ocupa como una batalla entre evolucionismo y fijismo (Bourdier, 1969; Corsi, 1983).

No obstante, desde fines del siglo xix existen muchos trabajos que interpretan la controversia fundamentalmente como una disputa entre funcionalismo y formalismo, sin ubicarla en el contexto de la historia tradicional de la biología (Cahn, 1962; Coleman, 1964; Balan, 1979; Ospovat, 1981; Desmond, 1989; Le Guyader, 1998; Amundson, 1998, 2005; Gould, 2002; Buffetaut, 2002; Ruse, 2003). Entre estos escritos se encuentra el texto de Toby Appel (1987), *El debate Cuvier-Geoffroy. Biología francesa en las décadas anteriores a Darwin*. Este escrito, como los anteriores, analiza las ideas y prácticas sobre el estudio de los seres vivos defendidos por los protagonistas de la polémica. Sin embargo, también analiza de manera detallada los diferentes aspectos políticos, económicos, religiosos y personales involucrados en la confrontación. Tal vez sea el texto que examina a mayor profundidad dichos aspectos involucrados en la polémica; de ahí su relevancia.

Un escrito que trata poco sobre el debate pero resalta la postura funcionalista defendida por Cuvier y los teólogos naturales ingleses, así como la aproximación formalista sustentada por Geoffroy y los morfólogos alemanes, es el libro de Dov Ospovat (1981) *El Desarrollo de la Teoría de Darwin. Historia Natural, Teología Natural y Selección Natural*. En este trabajo se exponen ambas doctrinas con la finalidad de ubicar la teoría de la evolución desarrollada por Darwin.

La controversia entre Cuvier y Geoffroy también ha sido analizada en textos publicados en México. Uno de los editores de este texto, Jorge Llorente-Bousquets, junto con Nelson Papavero examinan este enfrentamiento en *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica. Volumen VI. Analogía y conceptos relacionados en el periodo pre-evolutivo* (Papavero y Llorente-Bousquets, 1995). Este trabajo trata principalmente sobre la manera en la que se ha modificado el concepto y el uso del término analogía. Debido a ello, no solo aborda la controversia que nos ocupa, sino también expone ideas y prácticas formalistas que son antecedentes importantes de la misma.

De esta manera, encontramos que la polémica entre Cuvier y Geoffroy ha sido analizada de múltiples maneras de acuerdo con la historia y las condiciones de la época y lugar en donde se han llevado a cabo dichas interpretaciones. Existen varias posturas sobre cuál fue el punto principal del debate, quién fue el vencedor del

mismo y cuál fue su trascendencia histórica. Además, lo expuesto anteriormente muestra que esta disputa ha sido utilizada para sustentar diversas posturas sobre anatomía, biología, historia natural, ciencia, filosofía, política, religión e historia. Esto ha sido posible porque en este debate se confrontaron posturas extremas en diversas áreas.

Aunque existen varias interpretaciones de la pugna que nos ocupa, varios escritos recientes se han enfocado en analizar las ideas y prácticas involucradas en el debate sobre el estudio de la forma y función orgánicas. Estos textos, principalmente el de Appel, junto con otros que abordan el funcionalismo y el formalismo desarrollados a principios del siglo XIX, entre ellos, el de Ospovat, han llevado a revalorar el papel que tuvieron estas posturas y la controversia que nos ocupa en la historia del estudio de los seres vivos.

Aunado a lo anterior, estos trabajos han llevado a cuestionar la historia tradicional de la biología al reconsiderar la repercusión que tuvieron el funcionalismo y el formalismo en el desarrollo de la biología. Este escrito sigue el camino trazado por dichos escritos al mostrar la importancia que tuvo la polémica entre Cuvier y Geoffroy en el origen de la biología.

La polémica en el nacimiento de la biología

La *historia tradicional* considera que *la biología surge con el establecimiento de la teoría de la evolución* que se lleva a cabo en la comunidad de naturalistas de fines del siglo XIX. Esta postura historiográfica fundamenta el nacimiento de esta área de estudio en la existencia de una *revolución darwiniana*. Considera que la teoría de la evolución modificó todo el pensamiento occidental. Con ello, asevera que dicha teoría transformó de manera radical el estudio de los seres vivos, principalmente las disciplinas que investigaban el mundo orgánico y derivan de la historia natural, es decir, la sistemática, la paleontología, la biogeografía, la ecología, la anatomía y la embriología (Mayr, 1982).

La historia tradicional de la biología establece que la teoría de la evolución transformó el estudio de los seres vivos, al unificar a las disciplinas referidas en un mismo marco teórico separándolas del resto de las disciplinas que estudian el mundo natural. A partir de ello, concibe el surgimiento de la biología como resultado de la incorporación de la teoría de la evolución en los estudios de los naturalistas que fueron contemporáneos a Darwin o de una generación posterior. Esta postura es defendida por varios biólogos, historiadores y filósofos, siendo el principal representante de la misma Ernst Mayr (1982:108-109).

Esta historia tradicional descarta que la biología se haya originado a principios del siglo XIX con el funcionalismo y el formalismo. Esto se debe a que ubica a ambas posturas como propias de un creacionismo que se opone a la biología moderna sustentada en la evolución. Plantea que la teoría de la evolución niega cualquier planteamiento funcionalista por sustentar un diseño óptimo de los seres vivos. Y establece que dicha teoría descarta toda idea formalista por defender la existencia de planes

divinos de Creación (Hull, 1965a, b, 1989; Mayr, 1982).

A pesar de lo establecido por esta postura historiográfica, se ha hecho notar que, al establecerse –a fines del siglo xix–, *la teoría de la evolución no modificó las metodologías de investigación* existentes en la sistemática (Nelson y Platnick, 1981:122-123; Panchen, 1992:121-122), la paleontología (Eldredge y Gould, 1972; Gould y Eldredge, 1986; Panchen, 1992:249-250), la biogeografía (Nelson y Platnick, 1981: 357-375; Llorente-Bousquets, 1991), la ecología (Acot, 1997), la anatomía (Russell 1982; Bowler, 1996:20-21) y la embriología (Russell, 1982). Lo que la teoría de la evolución cambió en esta época fue la manera de interpretar los resultados obtenidos en las disciplinas referidas al concebirse a los seres vivos como entidades históricas. Una nueva ontología.

Este trabajo no niega que la teoría de la evolución haya jugado un papel importante en la biología. No descarta que haya contribuido a integrar las diversas disciplinas biológicas, fundamentalmente aquellas que derivan de la historia natural al plantear la necesidad de explicar los fenómenos biológicos en un contexto histórico. Además, está consciente que escuelas evolucionistas como la sistemática filogenética, la vicarianza y la biología evolutiva del desarrollo han modificado de manera sustancial diversas metodologías de estudio de los seres vivos, ya en el siglo xx.

A pesar de lo anterior, este escrito muestra cómo la biología se origina a principios del siglo xix, como resultado del estudio de la forma o función orgánicas antes de que se formulara la teoría de la evolución. Además, exhibe la manera en la que el funcionalismo y el formalismo propuestos por Cuvier y Geoffroy Saint Hilaire y la polémica que protagonizaron contribuyeron en el origen de la biología.

Cuvier y Geoffroy Saint Hilaire participaron de manera fundamental en el origen de la biología, debido a que propusieron *metodologías de estudio bien definidas* que examinan las propiedades de los seres vivos de manera unificada y separada del resto de la investigación del mundo natural. Estas metodologías fueron adoptadas por la comunidad de naturalistas europeos de su época. Ambos investigadores llegaron a estructurar dichos procedimientos debido a que cuando empezaron su labor como anatomistas quisieron estudiar la estructura de los seres vivos con una metodología bien organizada. Y, al no encontrar procedimientos con estas características, se dieron a la tarea de producirlos.

Si bien los naturalistas referidos formularon metodologías que originalmente sólo abordaban el estudio de la anatomía, eventualmente fueron utilizadas para explicar las diversas características de los seres vivos. El procedimiento elaborado por Cuvier da cuenta de la historia natural del mundo orgánico al considerar que la anatomía, las relaciones taxonómicas, el registro fósil, la distribución geográfica de los organismos, la ecología y la embriología deben explicarse al hacerse referencia a las necesidades adaptativas de cada una de las especies actuales, fósiles, en diferentes

regiones geográficas o de los organismos en desarrollo de cada especie. Por lo tanto, explica la biología en su totalidad por medio de principios funcionalistas. De ahí que fundamenta una *biología funcionalista*.

Por su parte, la metodología propuesta por Geoffroy explica la anatomía, las relaciones taxonómicas, el desarrollo embrionario de los organismos, el registro fósil, la distribución geográfica de los seres vivos y las relaciones ecológicas, al hacerse referencia a la existencia de planes morfológicos básicos de un grupo de especies que se presentan en seres vivos actuales, en desarrollo, en un mismo periodo de tiempo geológico y en una misma región geográfica. Por lo tanto, da cuenta de la biología en su conjunto al recurrir a principios estructurales. De ahí que sustenta una *biología formalista*.

La biología funcionalista desarrollada por Cuvier y la biología formalista estructurada por Geoffroy se basan en metodologías de estudio objetivas y operativas. Son objetivas porque plantean una serie de acciones a seguir claramente definidas. Y son operativas porque estas acciones pueden llevarse a cabo sin grandes dificultades. Ello permitió que fueran utilizadas para postular diversas ideas y teorías, no sólo por sus autores, sino por otros naturalistas europeos de la época.

La metodología funcionalista propuesta por Cuvier fue empleada por su autor para defender la existencia de cuatro planes de organización y, con ello, una clasificación natural de animales con cuatro grupos principales. Además, esta metodología le sirvió para fundamentar el diseño óptimo de los organismos, un preformismo y un fijismo.

Las ideas y prácticas implementadas por Cuvier tuvieron gran influencia en la comunidad de naturalistas franceses de la época. Esto fue resultado de su poder político y del poder de convencimiento de sus ideas. Debido a ello, la metodología de estudio de lo vivo delineada por este investigador fue adoptada por la mayoría de los naturalistas franceses de principios del siglo XIX, entre ellos sus principales alumnos, Laurillard, Duvernoy y Flourens. Fue tal la importancia que le otorgaron a las ideas y prácticas elaboradas por Cuvier en el estudio del mundo natural que Duvernoy le dio a este naturalista el nombre de *legislador de la ciencia* (Appel, 1987:40). Hasta el mismo Geoffroy afirmó al final de su vida, después de la muerte de su rival, que uno de los grandes servicios que le había rendido a la sociedad había sido traer a Cuvier a París para que trabajara en el Museo de Historia Natural (Appel, 1987: 178).[17]

El procedimiento de estudio de los seres vivos propuesto por Cuvier también fue adoptado por la mayoría de los naturalistas ingleses de principios del siglo XIX. Esto se debe a que el funcionalismo se había utilizado desde el siglo XVII en este país en el estudio de los seres vivos. Ello llevó a que

[17] La influencia de Cuvier en la comunidad de naturalistas y científicos de Francia de principios del siglo XIX es analizada por Dorinda Outram (1984) en *Georges Cuvier: vocación, ciencia y autoridad en la Francia post-revolucionaria*.

hubiera una afinidad entre los investigadores del mundo orgánico con los planteamientos de Cuvier. Lo anterior se muestra en el apodo de *Cuvier británico* que de manera honrosa se le dio a Richard Owen por desarrollar estudios funcionalistas al principio de su carrera.

El funcionalismo había sido utilizado en Inglaterra –antes del siglo xix– para presentar ciertas estructuras complejas que se encuentran en el mundo natural y los seres vivos, como evidencias de la existencia y grandeza del Creador. Sin embargo, no había sido utilizado con un objetivo ulterior. Por lo tanto, al adoptarse la metodología desarrollada por Cuvier se conformó, por primera vez en este país, una disciplina funcionalista que investigaba la historia natural de los seres vivos de manera integrada y separada del resto del estudio de la naturaleza. Esta nueva biología funcionalista se ubicó en el marco de la teología natural.

Por su parte, la metodología postulada por Geoffroy fue empleada por su autor para defender varias teorías e ideas propuestas originalmente por morfólogos alemanes, entre ellas la epigénesis, una teleología interna, el efecto mecánico del medio sobre los organismos y el recapitulacionismo, apoyadas por la mayoría de los morfólogos. Un progresionismo recapitulacionista que implica un paralelismo entre el desarrollo embrionario, una escala natural y el registro fósil, defendidas por algunos alemanes. Un transformismo basado en el progresionismo recapitulacionista, insinuado por Meckel, la teoría vertebral del cráneo, definida por Goethe y Oken, y la ley del balance propuesta originalmente por Goethe.

Geoffroy también recurrió a la metodología formalista que postuló para tratar de sustentar una unidad estructural de diferentes grupos de animales. En principio aplicó este procedimiento para tratar de demostrar la existencia de un plan morfológico básico de los vertebrados. Al llevar a cabo lo anterior implementó su metodología sin mover las partes de los organismos para postular correspondencias estructurales. Sin embargo, al final de su carrera, Geoffroy intentó demostrar la unidad estructural de todo el reino animal al establecer correspondencias trasladando, rotando o interponiendo partes. Esto contradijo sus planteamientos iniciales que negaban la posibilidad de mover órganos para determinar una correspondencia estructural. Además, ello llevó a que su metodología perdiera objetividad y operatividad.

Por lo tanto, Geoffroy postuló una metodología de estudio de los seres vivos fundamentada en el establecimiento de correspondencias estructurales obtenidas al determinar los órganos comunes que mantienen sus conexiones. Sin embargo, realmente aplicó su metodología con dos variantes, sin mover partes o al mover partes. Lo anterior exhibe cómo el tratar de sustentar la unidad estructural de todo el reino animal lo llevó a que modificara su metodología.

Si bien, como se indicó anteriormente, la mayoría de los naturalistas franceses de principios del siglo xix adoptaron el procedimiento de investigación propues-

to por Cuvier, hubo varios investigadores de ese país que en esa época recurrieron a la metodología de estudio delineada por Geoffroy. Algunos aplicaron este procedimiento como fue propuesto originalmente, es decir, sin mover partes, y otros lo implementaron de manera semejante a como lo hizo este naturalista al final de su vida, es decir, moviendo partes.

Entre los naturalistas que utilizaron la metodología formalista de Geoffroy, estableciendo correspondencias al mover partes, se encuentran Meyranx y Laurencet, quienes propusieron el trabajo que detonó el debate público, con el cual se intenta demostrar la unidad estructural de un cuadrúpedo y un pulpo. Además, el principal defensor de las ideas y procedimientos de Geoffroy, Étienne Serres, también postuló correspondencias estructurales al trasladar partes.

De una manera semejante a como lo hizo Geoffroy, al final de su carrera Serres intentó demostrar la unidad estructural de todo el reino animal (Russell, 1982; Papavero y Llorente-Bousquets, 1995:165-167). Para comprobar un plan común a los animales recurrió, como Geoffroy, a la teoría de la recapitulación y a un progresionismo recapitulacionista que implica un paralelismo entre el desarrollo embrionario, el registro fósil y la escala natural. Richards (1992) afirma que, con ello, como lo hizo Meckel, Serres insinuó un transformismo por medio de una adición terminal de fases en el desarrollo de los seres vivos. Esta clase de transformismo también fue sustentado por Geoffroy.

Entre quienes aplicaron la metodología de estudio de los seres vivos postulada en su manera original se encuentran Marie Jules César Lelorgne de Savigny y Jean Victoire Audouin. Tales naturalistas recurrieron a este procedimiento para tratar de demostrar la unidad estructural de los articulados o artrópodos (Russell, 1982; Papavero y Llorente-Bousquets, 1995: 163-164). Eventualmente la mayoría de los investigadores que emplearon el método comparativo propuesto por Geoffroy lo llevaron a cabo sin mover partes. Este procedimiento sigue utilizándose hoy en día de esta manera, siendo de gran relevancia en los estudios anatómicos actuales.

La metodología de estudio postulada por Geoffroy no sólo influenció a varios naturalistas franceses de la época. También fue bien recibida en Alemania, debido a las semejanzas entre las ideas y prácticas desarrolladas por este naturalista y la biología que se estaba implementando en ese país. Esta similitud llevó a que, a su vez, este investigador francés adoptara varias teorías e ideas planteados originalmente por morfólogos alemanes, como ya se mostró antes.

Los morfólogos alemanes de este periodo originalmente no se habían interesado en establecer una metodología bien definida para estudiar la anatomía de los seres vivos. Implementaron un formalismo basado en el estudio del desarrollo de los seres vivos más que en un procedimiento anatómico bien delimitado. No obstante, eventualmente acabaron incorporando a sus investigaciones embriológicas la meto-

dología propuesta por Geoffroy, debido a que les era útil en la biología formalista que estaban desarrollando.

A partir de lo anterior, encontramos que –a principios del siglo xix– la metodología funcionalista planteada por Cuvier fue adoptada por la mayoría de los naturalistas franceses e ingleses y la metodología formalista postulada por Geoffroy fue empleada por algunos investigadores franceses y los morfólogos alemanes. Aunque en principio estos procedimientos fueron utilizados para llevar a cabo estudios anatómicos, eventualmente fundamentaron el estudio de las diversas propiedades de los seres vivos. Por lo tanto fueron esenciales para que se consolidaran una biología funcionalista y una biología formalista.

Es conveniente estar conscientes que Cuvier y Geoffroy conformaron sus metodologías a partir de ideas y prácticas planteadas por filósofos y naturalistas anteriores. Por una parte, Cuvier retomó las consideraciones funcionalistas planteadas por Kant y el principio de subordinación de caracteres propuesto por Jussieu para clasificar plantas. Y Geoffroy adoptó los planteamientos formalistas establecidos por Buffon y Daubenton para determinar la estructura común de los cuadrúpedos. Además, tanto Aristóteles como Kant ya habían planteado que diversas características de los seres vivos debían explicarse al hacerse referencia tanto a sus necesidades adaptativas como a las correspondencias estructurales que exhiben las partes de diferentes especies.

El que diversos filósofos y naturalistas hayan planteado ideas funcionalistas y formalistas antes que Cuvier y Geoffroy, puede llevar a considerar la posibilidad de ubicarlos como los fundadores de la biología funcionalista y formalista que se consolidó a principios del siglo xix. Sin embargo, para ello es necesario examinar si realmente conformaron programas de investigación bien definidos que estudian de manera integral las diversas características de los seres vivos.

Aun cuando Jussieu planteó un principio retomado por Cuvier para desarrollar su metodología de estudio funcionalista, ello dista mucho de ubicarlo como el fundador de una biología funcionalista. Y, si bien, Buffon y Daubenton, así como Vic d'Azyr, postularon ideas de carácter formalista que aplicaron en sus estudios, son conceptos que, en muchos casos, consideraron de menor importancia. Por lo tanto, tampoco sería válido concebirlos como quienes le dieron fundamento definitivo a una biología formalista.

No obstante, la mayoría de los conceptos que fundamentan las metodologías postuladas por Cuvier y Geoffroy ya habían sido formulados por Aristóteles y Kant; debido a lo anterior, podría considerarse a Aristóteles como el fundador de la biología. Esto ha sido planteado por Nelson Papavero, Jorge Llorente-Bousquets y David Espinosa Organista, no sólo por los conceptos funcionalistas y formalistas que sustentó, sino debido a las múltiples ideas formuladas por este filósofo que dan cuenta de las diversas características de los seres vivos (Papavero *et al.* 1995:109-132).

Asimismo, también es válido aseverar que los planteamientos formalistas y funcionalistas de Kant fueron esenciales para que se conformara el estudio de los seres vivos como una disciplina unificada e independiente. Esto ha sido explorado por varios textos, algunos de los cuales analizan la influencia de este filósofo en la biología funcionalista desarrollada por Cuvier y otros naturalistas (Appel, 1987; Ruse, 2003), en la biología formalista implementada por los morfólogos alemanes (Richards, 1992) o en ambas clases de biología (Huneman, 2007). A pesar de lo anterior, Kant afirmó que la necesidad de incorporar la teleología en el estudio de los seres vivos lleva a considerar que esta disciplina no puede formar parte de una disciplina científica.

Es pertinente hacer notar que la morfología alemana propuesta por Goethe que surgió, en gran medida, por la influencia de las ideas de Kant, se estableció como una disciplina que estudiaba las diversas propiedades de los seres vivos de manera unificada desde antes de que se viera influenciada por las ideas de Geoffroy. Esta disciplina inicialmente se conformó como una biología formalista independiente de las disciplinas que se estructuraron en otros países. Ello también ha sido analizado en algunos textos (Lenoir, 1982; Huneman, 2007).

A partir de lo anterior podríamos ubicar a Aristóteles, a Kant, a Goethe, o a Cuvier y Geoffroy como los fundadores de la biología según el criterio empleado para ello. Una posibilidad sería considerar como generadores de esta área de estudio a quienes postularon las ideas básicas que sustentan el funcionalismo y formalismo en el estudio de los seres vivos. En este caso, concebiríamos a Aristóteles, Kant o Goethe como los fundadores de esta disciplina.

Sin embargo, podríamos establecer que quienes dieron lugar a la biología fueron los investigadores que propusieron al formalismo y funcionalismo como metodologías de estudio del conjunto de propiedades de los seres vivos. Aunque Aristóteles y Kant plantean las ideas que fundamentan estas doctrinas, no postularon metodologías bien estructuradas para explicar las diversas características de lo vivo. Fueron Cuvier y Geoffroy quienes llevaron a cabo lo anterior. Por lo tanto, podríamos considerarlos como los naturalistas que establecieron las bases de una biología funcionalista y una biología formalista respectivamente.

Aun cuando Cuvier y Geoffroy retomaron las ideas de Aristóteles y Kant para postular sus metodologías de estudio, mientras Cuvier aceptó que se vio influenciado por Kant, Geoffroy no se identificó con este filósofo por el carácter funcionalista de sus planteamientos. Además, es curioso que, a pesar que ambos pueden ubicarse como continuadores de una biología aristotélica, tanto Cuvier como Geoffroy se criticaron mutuamente por sustentar esta clase de biología. Esto se debe a que se refirieron a la disciplina que defendían como un área de estudio novedosa que venía a derrumbar una ciencia anticuada identificada con las ideas de Aristóteles defendidas por su adversario.

A pesar de lo anterior, en este escrito se considera que la biología surge a partir del

establecimiento de un conjunto de ideas y prácticas adoptadas por una comunidad de investigadores y no sólo como una serie de planteamientos establecidos por algún filósofo o naturalista en particular. De esta manera, se ubica el origen de esta disciplina como un proceso social más que un evento llevado a cabo por un solo individuo.

Bajo esta perspectiva, habría que concebir que la biología surge a principios del siglo XIX en Francia, en Inglaterra y en Alemania como resultado de la labor de múltiples naturalistas. Ello se muestra en el hecho de que en esta época se publicaron varios textos en diferentes países que hacen referencia por primera vez al término de biología. Esta nueva área de estudio se concibe como la disciplina que estudia las diferentes características y procesos de los seres vivos.

Entre los primeros escritos que hacen referencia al término *biología* como una nueva disciplina de estudio de los seres vivos, están *Biología o filosofía de la naturaleza animada* de Gotthelf Reinhold Treviranus (1802-1822:4, citado en Lenoir, 1982:1, 281) e *Investigaciones sobre la organización de cuerpos vivientes* de Jean Baptiste Lamarck (1802:202, citado en Burkhardt, 1977:6, 222, n6). Más allá de quién fue el que acuñó este término, la denominación biología fue empleada en este sentido por diversos naturalistas durante todo el siglo XIX (Coleman, 1971:1-15).

Además, en esta misma época diferentes investigadores hicieron referencia a diversas disciplinas que estudiaban las propiedades de los seres vivos de manera unificada. Entre estas áreas de estudio se encuentran algunas referidas en este trabajo, la *historia natural* definida por Cuvier, la cual, según este naturalista, se fundamenta en el estudio de las necesidades funcionales de cada una de las especies; la *filosofía anatómica* propuesta por Geoffroy que, de acuerdo con este investigador, se basa en la determinación de planes morfológicos básicos comunes a un grupo de especies, y la *morfología* delimitada por Goethe, dedicada, según este naturalista, al estudio de la forma orgánica y los procesos que la determinan.

Las disciplinas referidas anteriormente, es decir, la biología, la historia natural según Cuvier, la filosofía anatómica y la morfología, se diferenciaron por abordar el estudio de los seres vivos a partir de metodologías de estudio diferentes. Sin embargo, todas estas áreas de investigación unificaron las diversas disciplinas que estudiaban el mundo orgánico delimitándolas de aquellas dedicadas a la investigación del resto del mundo natural. Por ello, pueden considerarse como equivalentes a lo que ahora denominamos biología. Ello ha sido mostrado en varios textos (Coleman, 1971: 1-3; Lenoir, 1982:1-6; Richards, 1992:17-18, n2).

Es conveniente señalar que las disciplinas mencionadas se concentraron en la investigación en *algunas* áreas de estudio de los seres vivos. Al promover primordialmente la anatomía, la embriología, la sistemática, la biogeografía, la paleontología y la ecología se dedicaron a las disciplinas derivadas de la historia natural. Estas dis-

ciplinas equivalen a lo que Gareth Nelson y Norman Platnick han definido como *biología comparada*. Esta clase de biología se denomina de esta manera por basarse en la comparación de las estructuras y propiedades de los seres vivos (Nelson y Platnick, 1981:3-5).

Ciertamente la biología que se estableció a principios del siglo XIX abordaba el estudio de las características internas de los organismos. Debido a ello incluía a disciplinas como la fisiología. Las disciplinas dedicadas al estudio de los fenómenos que ocurren dentro de los seres vivos en la mayoría de los casos dan cuenta de procesos generales a un conjunto de especies. Por ello, Nelson y Platnick han planteado que conforman un área de estudio de los seres vivos que denominan biología general. Entre estas disciplinas se encuentran la biología celular, la fisiología, la bioquímica, la neurobiología y la biología molecular. Estas áreas de estudio no se fundamentan en la comparación de las propiedades de cada especie. Ello las diferencia de las disciplinas dedicadas a la biología comparada (Nelson y Platnick, 1981:3-5).

A pesar que la biología que se estructuró a principios del siglo XIX, basada en el estudio de la forma o función de los seres vivos, incluía el estudio de fenómenos internos de tales seres, básicamente fue una biología comparada. La investigación de los procesos generales que ocurren dentro de los seres vivos se desarrolló más que nada por el establecimiento de otras metodologías e ideas ajenas al funcionalismo de Cuvier o el formalismo de Geoffroy. Entre estas disciplinas que fundamentaron el estudio de los procesos internos de los seres orgánicos se encuentra la fisicoquímica. Además, una teoría esencial en el desarrollo de estas disciplinas fue la teoría celular, la cual, no incorporó los planteamientos funcionalistas o formalistas desarrollados por los naturalistas de nuestro interés (Russell, 1982).

Es factible considerar que la clase de biología que se conformó a inicios del siglo XIX también equivale, en términos generales, a lo que Mayr denominó *biología de causas últimas*, aquella que estudia fenómenos cuyas causas están separadas de sus efectos en tiempos de dimensiones geológicas. Esto se debe a que entre las disciplinas incluidas en esta biología se encuentra la sistemática, la biogeografía, la paleontología, la ecología y la embriología. Esta clase de biología se diferencia de la biología de causas próximas, aquella que estudia procesos cuyas causas están separadas de sus efectos en lapsos cortos (Mayr, 1982:67-71).

A partir de lo anterior, podríamos plantear que la biología funcionalista y la biología formalista que se desarrollaron en esta época conformaron una biología comparada o una biología de causas últimas. Sin embargo, es más preciso ubicarlas en el marco de una biología comparada. Esto se debe a que esta última se define como aquella que se basa en estudios comparados, un aspecto importante de la metodología utilizada en la biología que se estructuró en esta época. Además, la anatomía no se incluye en la biología de causas últimas, una disciplina fundamental para la biología funcionalista

y la biología formalista que se establecieron a principios del siglo xix.

Este trabajo muestra que tanto las ideas y prácticas desarrolladas por Cuvier y Geoffroy, como la polémica que protagonizaron, fueron de gran relevancia en el origen de la biología. Ello cuestiona la idea de que la ciencia se desarrolla por la acumulación gradual de conocimiento que sustenta la historia tradicional de la ciencia que se estableció durante el siglo xx.

De acuerdo con la postura historiográfica más aceptada del siglo pasado, la ciencia se desarrolla fundamentalmente por la labor continua de científicos que trascienden por profundizar sobre investigaciones anteriores. Con ello, esta clase de historia concibe a las polémicas sólo como digresiones temporales en el avance de la disciplina. Por ello, las considera poco relevantes en la historia de la ciencia.

La idea de que la ciencia evoluciona principalmente por medio de la acumulación gradual del conocimiento fue cuestionada por Thomas Kuhn (1962). Según este filósofo, la continuidad en la ciencia sólo se da en periodos de ciencia normal, en los cuales una comunidad de científicos sustentan y desarrollan un conjunto de ideas y prácticas comunes que conforman un *paradigma*.

Kuhn consideró que al paso del tiempo se acumula evidencia empírica que refuta el paradigma propio de una ciencia normal. Ello da lugar a una *revolución científica*, en la cual se plantea un nuevo paradigma poco común, propio de lo que denomina ciencia extraordinaria. Este paradigma se opone al anterior, lo que desata una crisis en la comunidad científica. Esta crisis se resuelve al ser aceptado el nuevo paradigma por la mayoría de los miembros de la comunidad, descartándose el anterior y estableciéndose una nueva ciencia normal.

El considerar la existencia de revoluciones científicas ha llevado a resaltar la importancia del enfrentamiento entre teorías científicas rivales en el desarrollo de la ciencia. Lo anterior se ha reflejado en múltiples trabajos publicados después del planteamiento de Kuhn que analizan debates científicos importantes (Farley y Geison, 1974; Mackenzie y Barnes, 1979; Hodge, 1992, entre otros). No obstante, investigaciones anteriores ya habían señalado la relevancia de ciertas controversias en la historia de la ciencia (Koyré, 1957; Russell, 1982, reimpresión del texto de 1916, entre otros).

Al exponer la manera en la que la polémica entre Cuvier y Geoffroy influyó en el origen de la biología, este texto ayuda a comprender la relevancia que han tenido las disputas académicas en la historia de la ciencia. Esto se lleva a cabo al analizar las causas y la magnitud de los efectos históricos inmediatos del debate analizado. Por una parte, este escrito expone cómo la confrontación referida contribuyó a que se diferenciaran dos diferentes maneras de estudiar a los seres vivos. La pugna de nuestro interés jugó un papel importante para que el *funcionalismo* y el *formalismo* conformaran *paradigmas confrontados* que se establecieron en la comunidad de naturalistas europeos de principio de siglo xix.

Además, este trabajo muestra cómo, al influir de manera importante en el establecimiento de ambas clases de biología, la controversia también coadyuvó para que el estudio de los seres vivos sufriera una transformación trascendente. De esta manera contribuyó a que se llevara a cabo una *discontinuidad histórica* en la investigación del mundo biológico.

Sin embargo, este escrito también exhibe cómo el enfrentamiento referido es resultado de un proceso histórico que implica una cierta continuidad en las ideas y prácticas sobre el estudio de la forma y función de los seres vivos. Esto se debe a que explica cómo ideas y prácticas desarrolladas desde la Antigüedad fueron retomadas por múltiples filósofos y naturalistas, hasta llegar a conformar las posturas extremas representadas por el funcionalismo de Cuvier y el formalismo de Geoffroy. Por ello, no descarta la importancia que han tenido en la historia de la ciencia moderna planteamientos realizados en tiempos remotos, como lo establece el modelo de Kuhn.

A pesar de la existencia de una cierta continuidad en las ideas y prácticas que tratan la forma y función orgánicas, es importante recalcar que el funcionalismo y el formalismo se estructuraron como verdaderas tradiciones de investigación hasta principios del siglo XIX, cuando fueron adoptadas por la comunidad de naturalistas europeos. Además, es conveniente indicar que, al contemplar una cierta discontinuidad con el establecimiento de dichas tradiciones, este trabajo no descarta que ideas anteriores sigan teniendo relevancia en el estudio de la forma y función orgánica. Por lo tanto, este estudio tampoco propone que en esta época se haya dado un rompimiento absoluto en la investigación de los seres vivos con las ideas y prácticas sobre la forma y función anteriores, como lo postularía el modelo de Kuhn.

Además, el modelo de cambio científico de Kuhn llevaría a esperar que a través del tiempo eventualmente triunfaría una de las tradiciones de estudio sobre la otra. No obstante, la historia de estas posturas es más compleja. Las metodologías de estudio de Cuvier y Geoffroy han sido adoptadas por diversas comunidades de investigadores durante los siglos XIX y XX de múltiples maneras en los diferentes países europeos, de acuerdo con las tradiciones y condiciones de cada nación y época.

Aunado a lo anterior, en este periodo de tiempo la función y la forma orgánica se estudiaron por medio de varios enfoques, no sólo los contemplados por los naturalistas referidos. Sin embargo, la historia de las metodologías de estudio planteadas por estos naturalistas, las consecuencias a largo plazo de la polémica y las múltiples maneras de concebir la función y la forma de los seres vivos que se desarrollaron posteriormente están fuera del alcance de este trabajo.

Existen otros textos que explican el desarrollo histórico del funcionalismo y el formalismo posterior al establecimiento de la biología que se dio a principios del siglo XIX. Entre ellos se encuentran aquellos que analizan, en el marco de ambas posturas, la biología que se desarrolla durante todo el siglo XIX (Coleman, 1971), así

como la historia de diversas teorías evolucionistas (Ospovat, 1981; Richards, 1992; Amundson, 1998; Gould, 2002; Ruse, 2003; Amundson, 2005).

Por otra parte, este trabajo expone cómo teorías e ideas propias de la ciencia, así como conceptos religiosos, políticos y económicos, pugnas personales, intereses económicos, desarrollos institucionales y eventos históricos, influyeron en el planteamiento, confrontación y consolidación de disciplinas y teorías esenciales en la ciencia.

Esto se llevó a cabo al mostrar cómo el debate público fue resultado tanto del planteamiento de posturas extremas sobre el estudio de los seres vivos que desarrollaron ambos naturalistas como de aspectos sociales, políticos y religiosos de la sociedad francesa de principios del siglo XIX. Entre estos aspectos se encuentra la Revolución Francesa, la cual dio lugar a la emigración de los principales naturalistas franceses de fines del siglo XVIII. Ello llevó a la fundación del Museo de Historia Natural de París, institución que recibió un apoyo importante para la investigación del mundo orgánico y que incorporó a investigadores jóvenes con nuevas ideas, entre ellos, Cuvier y Geoffroy.

Además, la efervescencia política y social derivada de la Revolución Francesa y de múltiples cambios de régimen posteriores contribuyó a que la sociedad francesa de la época estuviera altamente politizada. Lo anterior coadyuvó para que eventos históricos de diversa índole, como la disputa pública entre Cuvier y Geoffroy, fueran ubicados en un contexto político, social y religioso. Ello generó un interés en la polémica, lo cual promovió la difusión de las metodologías de estudio sustentadas por ambos naturalistas, ayudó a que se incorporaran a los estudios de los naturalistas de Francia, Alemania e Inglaterra, y fomentó la consolidación del funcionalismo y el formalismo como disciplinas biológicas unificadas e independientes.

Así, este escrito contribuye a reevaluar la importancia de la polémica entre las posturas extremas defendidas por Cuvier y Geoffroy en el nacimiento de la biología, sustentada en el estudio de la forma o la función orgánicas.

REFERENCIAS

Acot, P., "The Lamarckian Cradle of Scientific Ecology", en *Acta Biotheoretica*, 1997;45:185-193.

Agustí, J. y Antón, M., *Mammoths, Sabertooths and Hominids. 65 Million Years of Mammalian Evolution in Europe*, Nueva York, Columbia University Press, 2002.

Amundson, R., "Typology Reconsidered: Two Doctrines on the History of Evolutionary Biology", en *Biology and Philosophy*, 1998;13:153-177.

———, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo*, Cambridge, Cambridge University Press, 2005.

Appel, T. A., *The Cuvier-Geoffroy Debate. French Biology in the Decades before Dar-*

win, Nueva York/Oxford, Oxford University Press, 1987.

Aristóteles, *The Complete Works of Aristotle. The Revised Oxford Translation*, 2 vols., Princeton, Princeton University Press, 1984.

Asma, S. T., *Following Form and Function. A Philosophical Archaeology of life Science*, Evanston, Northwestern University Press, 1996.

Balan, B., *L'Ordre et le Temps. L'Anatomie Compare et l'Histoire des Vivants au* XIX*e Siècle*. París, Vrin, 1979.

Belon, P., *Histoire de la Nature des Oyseaux, avec leurs descriptions et naifs portraicts, retirez du naturel, escrit en sept livres*, París, 1555.

Bourdier, F., "Geoffroy Saint-Hilaire *versus* Cuvier: The Campaign for Paleontological Evolution (1825-1838)", en C. J. Schneer (eds.), *Toward a History of Geology*, Cambridge, Mass., the MIT Press, 1969.

Bowler, P. J., *Life´s Splendid Drama. Evolutionary Biology and the Reconstruction of Life´s Ancestry, 1860-1940*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1996.

Boyle, R., "A Disquisition About the Final Cause of Natural Things" (reimpresión del texto de 1688), en Birch, T. (ed.), *The Works of Robert Boyle*, Hildesheim, George Olms.

Buffetaut, É. [1966], *Cuvier. le découvreur de mondes disparus,* París, Belin, 2002.

Buffon, G. L. L., *Histoire naturelle, Générale et particulière,* 15 vols., París, Imprimerie Royale, 1749-1767.

Burkhardt, R. W., *The Spirit of System. Lamarck and Evolutionary Biology*, Cambridge/Londres, Harvard University Press, 1977.

Cahn, T. [1962], *La vie et l'Oeuvre de étienne geoffroy Saint-Hilaire*, París, Presses Universitaire de France.

Carus, C. G., *Von den Ur-theilen des Knochen- und Schalengerüstes*, Leipzig, 1828.

Coleman, W., *Georges Cuvier. Zoologist*, Cambridge, Harvard University Press, 1964.

———, *Biology in the Nineteenth Century. Problems of Form, Function and Transformation*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1971. [Edición en español: *La biología en el siglo* XIX*: problemas de forma, función y transformación,* México, FCE, 1983.]

Corsi, P., *Oltre il Mito: Lamarck e le Scienze Naturali del suo Tempo*, Bolonia, Il Mulino, 1983.

Cuvier, G., *Essay on the Theory of the Earth*, Edimburgo, W. Blackwood, 1813.

———, "Nature", en *Dictionnaire des sciences naturelles*, vol. 34, París, 1825.

———, *The Animal Kingdom Arranged in Conformity with its Organization*, Nueva York, James Kay, Jun & Co, 1831.

Desmond, A., *The Politics of Evolution. Morphology, Medicine and Reform in Radical*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1989.

Eldredge, N. y S. J. Gould, "Punctuated Equilibrium: An Alternative to Phyletic Gradualism", en Schopf, T. J. M. (ed.), *Models in Paleobiology*, San Francisco, Freeman & Cooper, 1972.

Farber, P. L., "The Type-Concept in Zoology During the First Half of the Nineteenth Century", en *Journal of the History of Biology*, 1976:93-119.

Farley, J. y Geison, G., "Science, Politics and Spontaneous Generation in 19th Century

France: the Pasteur-Pouchet Debate", en *Bulletin of the History of Medicine*, 1974; 48:161-198.

Geoffroy Saint Hilaire, E., "Considérations sur le pièces de la tete osseuse des animaux vertébrés, et particuliérement sur celles du crane des oiseaux", en *Annales du. Muséum d'Histoire Naturelle*, 1807;10:87-104.

———, "Considérations générales sur la vertèbre", en *Mem Mus d'Hist Nat*, París, 1822.

———, "Principes de Philosophie Zoologique, discutés en mars 1830, au sein de l'Academie Royale des Sciences", París, 1830.

———, *Philosophie anatomique: les organes réspiratoires sous le rapport de la détermination et de l'Identité de leur pièces osseuses* (reimpresión del texto de 1818-1822), 2 vols., París, 1968.

Goethe, J. W., "Reflexions de Goethe sur les débats scientifiques de mars 1830 dans le sein de l'Académie des Sciences, publiées à Berlin dans les Annales de Critique Scientifique", en *Annales des Sciences Naturelles*, 1831;22:179-188.

———, "Derniers pages de Goethe expliquant à l'Allemagne les sujets de philosophie naturelle controversées au sein de l'Académie des Sciences de Paris", en *Revue Encyclopédique*, 53;1832:54-68.

———, "Excerpt from Studies for a Physiology of Plants (a Schematic Fragment)" (reimpresión del texto de 1831), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988a.

———, "Observation on Morphology in General" (reimpresión del texto de 1831) (capítulo "On Morphology"), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988b.

———, "Analysis and Sintesis" (reimpresión del texto de 1831), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988c.

———, "Excerpt from Outline for a General Introduction to Comparative Anatomy Commencing with Osteology" (reimpresión del texto de 1831) (capítulo de "On Morphology"), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988d.

———, "Judgement Through Intuitive Perception" (reimpresión del texto de 1831), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988e.

———, "The Metamorphosis of Plants" (reimpresión del texto de 1831), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988f.

———, "The Purpose set Forth" (reimpresión del texto de 1831) (capítulo de "On Morphology"), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988g.

———, "Toward a General Comparative Theory" (reimpresión del texto de 1831) (capítulo de "On Morphology"), en Miller, D. (ed.), *Goethe. Scientific Studies*, Princeton, Princeton University Press, 1988h.

Gould, S. J., *Ontogeny and Phylogeny*, Cambridge/Londres, Belknap Press of Harvard University Press, 1977.

———, *The Structure of Evolutionary Theory*, Cambridge/Londres, Belknap Press of Harvard University Press, 2002.

Gould, S. J. y N. Eldredge, "Punctuated Equilibria at the Third Stage", en *Systematic Zoology*, 35;1986:143-148.

Granger, H., "Deformed Kinds and the Fixity of Species", en *Classical Quarterly*, 1987;37(i):110-116.

Hankins, T. L., *Science and the Enlightenment*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985. [Edición en español: *Ciencia e ilustración*, México, Siglo xxi, 1988.]

Hodge, M. J. S., "Origins and Species Before and After Darwin", en R. Olby, G. N. Cantor, J. R. R. Christie y M. J. S. Hodge (eds.), *Companion to the History of Modern Science*, Londres, Routledge Publ., 1990.

———, "Biology and Philosophy (including Ideology): A Study of Fisher and Wright", en Sarkar, S. (ed.), *The Founders of Evolutionary Genetics*, Dordrecht, Kluwer, 1992.

Hull, D., "The Effect of Essentialism on Taxonomy. Two Thousand Years of Stasis. I", en *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1965a;15:314-326.

———, "The Effect of Essentialism on Taxonomy. Two Thousand years of Stasis. II", en *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1965b;16:1-18.

———, "Darwin and the Nature of Science", en *The Metaphysics of Evolution*, Albany State University of New York Press, 1989.

Huneman, P. (ed.), *Understanding Purpose: Kant and the Philosophy of Biology*, University of Rochester Press, Rochester, 2007.

Jussieu, A. L., *Genera Plantarum secundum ordines naturales disposita, juxta methodum inhorto regio parisiensi exaratam*, París, Viduam Herissant y Theophilum Barrois, 1789.

Kahn, C. H., "The Place of the Prime Mover in Aristotle's Teleology", en Gotthelf, A. (ed.), *Aristotle on Nature and Living Things. Mathesis Publications*, Pittsburgh/Bristol, Inc. & Bristol Classical Press, 1985.

Kant, I., *Crítica de la razón pura* (reimpresión del texto de 1787), México, Porrúa, 1991.

———, "Crítica del juicio" (reimpresión del texto de 1790), en *Prolegómenos a toda metafísica del porvenir. Observaciones sobre el sentimiento de lo bello y lo sublime. Crítica del juicio*, México Porrúa, 2003.

Koyré, A., *From the Closed World to the Infinite Universe, Baltimore*, John Hopkins Press, 1957. [Edición en español: *Del mundo cerrado al universo infinito*, Madrid, Siglo xxi, 1979.]

Kuhn, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1962. [Edición en español: *La estructura de las revoluciones científicas*, México, fce, 1982.]

Kullman, W., "Different Concepts of the Final Cause in Aristotle", en Gotthelf, A. (ed.), *Aristotle on Nature and Living Things*, Pittsburgh/Bristol, Mathesis Publications, Inc. & Bristol Classical Press, 1985.

Lamarck, J. B., *Recherches sur l'Organisation des Corpes Vivans*, París, 1802.

———, *The Zoological Philosophy* (reimpresión del texto de 1809), Londres, MacMillan, 1914.

Le Guyader, H., *Étienne Geoffroy Saint Hilaire. Un naturaliste visionnaire*, Belin, París, 1998.

Lennox, J., "Aristotle on Genera, Species and the 'more and the less'", en *Journal of the History of Biology*, 1980;13(2):321-346.

———, "Teleology, Chance and Aristotle's Theory of Spontaneous Generation", en *Journal of the History of Biology*, 1982; 20(3):219-238.

———, "Teleology", en Fox-Keller, E. y E. A. Lloyd (eds.), *Keywords in Evolutionary Biology*, Cambridge/Londres, Harvard University Press, 1992.

Lenoir, T., *The Strategy of Life. Teleology and Mechanics in Nineteenth Century German Biology*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1982.

Llorente-Bousquets, J. (ed.), *Historia de la biogeografía: centros de origen y vicarianza*, México UNAM, 1991.

Lovejoy, A. O., *The Great Chain of Being. A Study of a History of an Idea* (reimpresión del texto de 1936), Cambridge, Harvard University Press, 1964. [Edición en español: *La gran cadena del ser. Historia de una idea*, Barcelona, Icaria Editorial, 1983.]

———, "Buffon and the Problem of Species", en Glass, B., O. Temkin y W. L. Straus (eds.), *Forerunners of Darwin, 1745-1859*, Baltimore, The John Hopkins University Press, 1968.

MacKenzie, D. y Barnes, B., "Scientific Judgement: The Biometry-Mendelism Controversy", en B. Barnes y S. Shapin (eds.), *Natural Order: Historical Studies of Scientific Culture*, Beverly Hills, Sage, 1979.

Mayr, E., *The Growth of Biological Thought*, Cambridge, Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

Nelson, G. y N. Platnick, *Systematics and Biogeography. Cladistics and Vicariance*, Nueva York, Columbia University Press, 1981.

Oken, L., *Elements of Physiophilosophy*, Londres, Ray Society, 1847.

Ospovat, D., *The Development of Darwin´s Theory. Natural History, Natural Theology and Natural Selection*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981.

Outram, D., *Georges Cuvier: Vocation, Science and Authority in Post-Revolutionary France*, Manchester University Press, Manchester, 1984.

Owen, R., *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton*, Londres, Richard y John E. Taylor, 1848.

Paley, W., *Natural Theology: or, Evidences of the Existence and Attributes of the Deity* (reimpresión del texto de 1802), tomado de *The Appearances of Nature*, Houston, St. Thomas Press, 1972.

Panchen, A., Classification, *Evolution and the Nature of Biology*, Nueva York/Victoria, Cambridge University Press, 1992.

Papavero, N., J. Llorente-Bousquets y A. Bueno (eds.), *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica*, vol. III, "De Huntzu a Kant", México, UNAM, 1994.

———, *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica*, vol. IV, "El sistema natural y otros sistemas. Reglas, mapas de afinidades y el adveni-

miento del tiempo en las clasificaciones: Buffon, Adanson, Maupertius, Lamarck y Cuvier", México, UNAM, 1994.

———, *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica*, vol. VI, "Analogía y conceptos relacionados en el periodo pre-evolutivo", México, UNAM, 1995.

Papavero, N., J. Llorente-Bousquets y D. Espinosa-Organista, *Historia de la biología comparada*, vol. I, "Del Génesis a la caída del Imperio romano de Occidente", México, UNAM, 1995.

Papavero, N., J. Llorente-Bousquets y J. Minoro-Abe, *Fundamentos de biología comparada*, vol. I, "De Platón a Haeckel", México, UNAM, 1997.

Papavero, N., J. R. Pujol-Luz y J. Llorente-Bousquets, *Historia de la biología comparada*, vol. V, "El Siglo de las Luces (Parte I)", México, UNAM, 2001.

Pellegrin, P., *Aristotle's Classification of Animals. Biology and the Conceptual Unity of the Aristotelian Corpus*, Berkeley/Los Ángeles/Londres, University of California Press, 1986.

Perrier, E., *La philosophie zoologique avant Darwin*, París, 1896.

Platón, *Diálogos*, México, Porrúa, 1993.

Ray, J., *The Wisdom of God, Manifested in the Works of Creation*, Londres, Samuel Smith, 1709.

Richards, R., *The Meaning of Evolution. The Morphological Construction and Ideological Reconstruction of Darwin´s Theory*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1992. [Edición en español: *El significado de la evolución. La construcción morfológica y la reconstrucción ideológica de la teoría de Darwin*, Madrid, Alianza, 1999.]

Richards, R., *The Romantic Conception of Life. Science and Philosophy in the Age of Goethe*, Chicago, University of Chicago Press, 2002.

Roger, J., *Buffon. A Life in Natural History*, Ithaca/Londres, Cornell University Press, 1997.

Rudwick, M. J. S., *Georges Cuvier, Fossil Bones and Geological Catastrophes*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1997.

Rupke, N. A., *Richard Owen. Victorian Naturalist*, New Haven/Londres, Yale University Press, 1994.

Ruse, M., *Darwin and Design: Does Evolution Have a Purpose*?, Cambridge, Harvard University Press, 2003.

Russell, E. S., *Form and Function. A Contribution to the History of Animal Morphology* (reimpresión del texto de 1916), Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1982.

Sloan, P. R., "Natural History, 1670-1802", en R. Olby, G. N. Cantor, J. R. R., Christie y M. J. S. Hodge (eds.), *Companion to the History of Modern Science*, Londres, Routledge, 1990. [Edición en español: "Historia natural, 1670-1802", en Barahona, A., E. Suárez y S. Martínez (comps.), *Filosofía e historia de la biología*, México, UNAM, 2001.]

Taquet, P., *Georges Cuvier. Naissance d'un Génie*, París, Éditions Odile Jacob, 2006.

Treviranus, G. R., *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*, vol. 1, Gottingen, 1802-1822.

Valdés, J. y H. Flores, *El ordenador del mundo. Carl Linné*, México, Pangea Editores, 2000.

Whewell, W., *History of the Inductive Sciences* (reimpresión del texto de 1857), 3 vols., Londres/Edimburgo, Frank Cass & Co. Ltd., 1967.

CAPÍTULO 13

BIOLOGÍA

William Coleman

La biología fue introducida en el siglo xix. Llegó primero la palabra y se necesitó un siglo de actividad incesante para crear una ciencia floreciente. La biología es el estudio de las criaturas vivas, que incluye la descripción y la explicación de su estructura, de sus procesos vitales y de la forma en que se producen. Entre los fenómenos naturales, pocos pueden ser más impresionantes que la armoniosa disposición de partes y procesos que constituyen el ciclo vital de toda planta y todo animal. Desde la Grecia antigua, el organismo integral ha sido el fenómeno principal y el problema básico para todos aquellos que eligen el estudio de los seres vivos. Este interés ha continuado, sin disminuir, hasta los tiempos modernos. Sin embargo, el organismo vegetal o animal puede tomarse en consideración en una diversidad de formas, y la definición de esos intereses especiales dio lugar a distintas doctrinas, introdujo nuevas técnicas de investigación y exposición y, de hecho, produjo un cuerpo especializado de investigadores.

Ese fue el destino de la biología durante el siglo xix. El término "biología" apareció por primera vez en una nota de pie de página de una oscura publicación médica alemana, en 1800. Dos años después apareció de nuevo, al parecer independientemente, y se le dio amplia publicidad en los tratados de un naturalista alemán (Gottfried Treviranus) y de un botanista francés que se dedicó a la zoología (Jean Baptiste de Lamarck). La nueva palabra se había hecho ya un tanto corriente en el idioma inglés hacia 1820. No obstante, la palabra biología pronto iba a designar a una de las ciencias más importantes y más elevadas de la filosofía positivista del gran filósofo social francés Auguste Comte. Y, mayormente, por medio de sus escritos del decenio de 1830 y de la ulterior propaganda hecha por sus discípulos, el término ganó adeptos y llegó a albergar bajo su amplio techo a una multitud de temas y estudiantes anteriormente dispares.

Pero ningún término constituye una ciencia sólo por sí mismo y las definiciones tempranas de la biología sugieren límites, así como extensiones, de los entonces corrientes estudios de plantas y animales. Para Treviranus, los objetos de nuestra investigación serán los diferentes fenómenos y las distintas formas de la vida, las condiciones y las

leyes en las que ocurren y las causas que los producen. A la ciencia que se ocupa de estos objetos la llamaremos *biología* o *ciencia de la vida*.

La definición de Lamarck es como sigue:

> Biología: ésta es una de las tres divisiones de la física terrestre; incluye todo lo que pertenece a los cuerpos vivos y particularmente a su organización, sus procesos de desarrollo, la complejidad estructural que resulta por la acción prolongada de los movimientos vitales, la tendencia a crear órganos especiales y a aislarlos enfocando la actividad en un centro y así sucesivamente.

Estas definiciones concuerdan en una significativa exclusión del terreno propio de la biología. Ni Treviranus ni Lamarck le otorgan a la historia natural tradicional un sitio integral en la nueva ciencia. La descripción y la clasificación de minerales, plantas y animales habían prosperado y progresado desde el siglo xvii. Una vasta visión de los productos naturales (minerales, plantas y animales, en contraste con las producciones del artificio del hombre) encontró albergue análogo en las innumerables historias naturales del siglo xviii. La actividad descriptiva general constituía la esencia de la historia natural y quienes se dedicaban a ella podían llamarse en gran parte naturalistas. Pero los especialistas ya estaban activos. El uso común daba el nombre de botanistas a los estudiantes de las plantas y el de zoólogos a los de los animales. La atención del naturalista, el botanista y el zoólogo se enfocaba en los aspectos externos, la distribución geográfica de las especies y las relaciones supuestas entre diferentes plantas y animales. Principalmente se intentaba lograr una enumeración cada vez más completa y una clasificación precisa y útil de las especies de criaturas vivas y de los minerales.

Quienes acuñaron el término biología estaban esperando reorientar los intereses y las investigaciones de aquellos que estudiaban la vida. Su interés primordial lo constituían los procesos funcionales del organismo, esos procesos cuyo efecto agregado podría muy bien ser la vida misma. Ese interés extendió la fisiología desde las investigaciones médicas, su preocupación tradicional, hasta el examen de los procesos vitales de animales y plantas. William Lawrence, un fisiólogo inglés, declaró que había llegado el momento de explotar el reino descriptivo de los naturalistas y dejar de ensancharlo perpetuamente. Ahora tenemos que "explorar el estado activo de la estructura animal [y vegetal]" y hacerlo así comprendiendo claramente que "la observación y el experimento son las únicas fuentes de nuestro conocimiento de la vida". Con el término biología llegó una obvia petición de confinar esa ciencia a las funciones vitales como la respiración, la generación y la sensibilidad. Hasta ya muy avanzado el siglo, la biología y la fisiología fueron virtualmente expresiones sinónimas.

De ninguna manera deberíamos llegar a la conclusión de que esas declaraciones extinguieron los intereses y la práctica tra-

dicionales del naturalista. La historia natural siguió siendo una ocupación próspera durante todo el siglo xix y, hacia el fin de ese periodo, fue considerada por hombres, con una visión más amplia, como una ocupación que justamente reclamaba una participación necesaria e importante de la atención del biólogo. Pero el ascenso de la fisiología vegetal y animal era más espectacular y ofrecía todo el atractivo de una ciencia nueva y potencialmente fundamental. La fisiología misma era una ciencia antigua y sus estudiantes, a menudo, habían recurrido a los animales (pero, como es obvio, rara vez a los vegetales) para instruirse útilmente en las funciones del cuerpo humano. Empero, la fisiología se refería al estudio de las funciones del cuerpo humano y era, en su mayor parte, un tema de interés médico. Con pocas pero significativas excepciones, fue escasa la atención que se brindó, antes del decenio de 1780, a los procesos vitales de animales y plantas por sí mismos. En el sentido más tangible que pueda haber, la fisiología estaba aferrada a la medicina: ya muy avanzado el siglo xix, los fisiólogos, en su mayoría, eran entrenados como médicos y a menudo enseñaban y en ocasiones ejercían la medicina como su medio de vida principal. Sin embargo, el acuñamiento del término biología y las implicaciones otorgadas como referencia global a todos los fenómenos pertenecientes a la vida, ya fuera en la planta, en el animal o en el hombre, sugieren el desarrollo subsecuente de la ciencia. La biología durante el siglo xix, aunque no descuidó del todo la historia natural, se dirigió, concentrada en sí misma, al análisis intensivo de las funciones orgánicas. No fue menos lo que la biología hizo por emanciparse gradualmente de sus raíces intelectuales e institucionales en la medicina. Lo que no había sido más que un término esperanzador en 1800 se había transformado en una ciencia vigorosa y autónoma hacia 1900.

LOS BIÓLOGOS Y SUS INSTITUCIONES

Tradicionalmente, las universidades y las academias letradas habían sido el foco del estudio científico en la Europa moderna. La calidad y el vigor de esas instituciones habían variado enormemente durante el siglo xviii. Es evidente una clara sucesión con respecto a las universidades y en especial a sus facultades médicas, cuyos miembros, por vocación e interés, demostraron la mayor preocupación por las ciencias de la vida. La universidad holandesa de Leiden, guiada por profesores cuya excelente instrucción era apoyada por investigación distinguida, dominó la medicina de principios del siglo xviii. La función de Leiden fue asumida más tarde por Edimburgo. Los medios para la instrucción médica en las investigaciones biológicas en Francia fueron transformados por la Revolución. Después de 1790, París rivalizó con Edimburgo y después tomó su lugar como centro mundial del Occidente para esos estudios, pero la hegemonía francesa duró sólo hasta el decenio de 1840. En ese entonces empezaron a sentirse influencias desde más allá del Rin y hubo que pasar

pronto el liderazgo, en medicina y biología, a los alemanes.

Las universidades alemanas fueron, tal vez, las más distintivas instituciones intelectuales del siglo XIX. Su efecto en todos los dominios del aprendizaje fue grande y en las ciencias, entre ellas, no en último lugar, la medicina y la biología, fue abrumador. De Alemania llegaron nuevos ideales de una legión de hombres con inventiva soberbiamente entrenados. Hacia los últimos decenios de ese siglo, la influencia alemana en la biología se sentía en todo el mundo, de Rusia a Estados Unidos, de Japón a África. El liderazgo alemán en biología desapareció sólo después de la doble catástrofe de la primera Guerra Mundial y por las purgas de facultades y cuerpos de universidades e institutos hechas por los nazis.

Por supuesto, los intereses médicos y biológicos no son coextensivos. Empero, se creía generalmente y se entiende con facilidad, que las investigaciones ahora juzgadas como predominantemente biológicas, se iniciaron en un ambiente médico. Esto se comprueba por el significado en evolución del tema y el término de la medicina teórica o fisiología, según se hizo notar antes y es aún más evidente con respecto a la botánica. La cátedra de *materia médica* era un fundamento esencial en la facultad de medicina. Era responsabilidad del ocupante de ese cargo dar conferencias sobre las cualidades medicinales de las plantas, durante mucho tiempo la fuente principal de los remedios, y a menudo dirigir el jardín botánico de la facultad. A través de los siglos, la cátedra de *materia médica* evolucionó hasta ser un puesto que, para todos los propósitos prácticos, estaba dedicado al estudio de las plantas exclusivamente, es decir, a la botánica. Esa fue, por ejemplo, la posición ocupada por Carolus Linnaeus, el prominente botanista del periodo moderno. El estudio de la botánica llevó también a investigaciones de organismos inferiores, sobre todo de los organismos microscópicos.

Durante el siglo XIX se aceleró esta evolución, común a casi todas las ramas del aprendizaje. Las ciencias se estaban volviendo especializadas, exactamente cuando la biología se definía a sí misma como una profesión. Botanista y zoólogo ya eran designaciones especializadas. Muchas más habrían de agregarse: fisiólogo (en el sentido no médico), histólogo, embriólogo, paleontólogo, biólogo evolutivo, bacteriólogo y bioquímico. Este proceso ha continuado hasta el siglo XX, sin disminuir el paso. Asimismo, tanto los maestros de estas especialidades como los biólogos generales requieren, en común con las necesidades de todas las profesiones aprendidas, entrenamiento distintivo, fuentes de empleo, fondos, espacio y equipo para la prosecución de sus investigaciones, instalaciones para la instrucción de los iniciados y medios convenientes y eficaces de comunicación para anunciar descubrimientos y discutir problemas especiales. Tales necesidades impusieron demandas a la sociedad. La necesidad más obvia, y perennemente la menos satisfecha, era la de dinero. La miserable suma disponible para el trabajo científico en la Francia del siglo XIX se convirtió en un abierto escándalo y sin duda contribuyó a

su precipitada declinación, a pesar de que no faltaran genio ni esfuerzo, en cantidad y calidad global del trabajo científico, incluyendo la biología, en esa nación. Las instituciones británicas dirigentes tenían, en gran parte, fondos privados. Oxford y Cambridge fomentaban las matemáticas, pero sólo en forma lenta y con extrema renuencia dedicaron sus activos a otros trabajos científicos. Los recursos efectivos para la biología experimental llegaron muy tarde a Inglaterra; se iniciaron en 1870, con el nombramiento de Michel Foster para un puesto en fisiología en el Trinity College, Cambridge. John Dalton (1825-1889), entrenado en París por Claude Bernard y activo en la ciudad de Nueva York después de 1857, contribuyó a introducir la nueva biología experimental en Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, tal trabajo requería considerables haberes materiales. Se tenía que comprar equipo experimental, obtener espacio para laboratorio y proporcionar apoyo a los estudiantes. En reconocimiento de estos hechos y debido a la afortunada posición de poseer una fundación amplia, tomó su importancia la creación de un laboratorio y una cátedra de fisiología con el nombre de Johns Hopkins en 1876. La nueva universidad hizo una gran entrega institucional a la biología y pronto recibió su recompensa siendo testigo de la significativa investigación a la que dio lugar y, más importante aún, de una notable generación de investigadores y maestros.

No obstante, el dinero público y privado y una gran estima popular, hacía mucho que se habían prodigado en una institución biológica prominente: el Museo de Historia Natural. Los museos poseedores de muestras de plantas y animales fueron conocidos en la Antigüedad y revividos por la pasión renacentista de coleccionar toda clase de objetos exóticos. Los jardines botánicos a menudo incluían colecciones de muestras desecadas; los animales planteaban mayores problemas de conservación y eran menos favorecidos. Las primeras grandes colecciones de historia natural empezaron con instituciones nacionales para la investigación con propósitos de museo. El Museo de Historia Natural de París fue fundado en 1635 (como jardín botánico real); el Museo Británico se inició en 1753, y sus colecciones de historia natural llegaron a una situación especial y ampliamente independiente en 1881. En Estados Unidos de Norteamérica los intereses privados se dirigían a esta actividad. Las suscripciones de ciudadanos de Filadelfia fundaron la Academia de Ciencias Naturales en 1812 y Louis Agassiz creó el Museo de Zoología Comparativa de Harvard durante el decenio de 1850. La colección nacional sólo se hizo posible en los años que siguieron al establecimiento, en Washington, del Instituto Smithsoniano (1846).

Todos estos avances reaparecieron, en forma exagerada, en las instituciones científicas y biológicas nuevas o revividas, apoyadas por los diversos Estados alemanes. Prusia fue líder en esta actividad. En 1809 se creó en Berlín una universidad destinada a convertirse en una de las mayores del mundo. Se hicieron nuevas fundaciones también en Breslau (1811) y en Bonn

(1818). El gobierno bávaro estableció una universidad en Munich en 1826. Su crecimiento es indicativo de la singular prosperidad de las universidades alemanas. En 1826 se hicieron los primeros nombramientos. Setenta años después, Munich poseía 178 instructores, de los cuales 98 tenían el título de profesor. Había 3 798 estudiantes inscritos, incluyendo 1 485 en medicina y farmacia. Cuatro profesores y 13 ayudantes de diversos rangos se dedicaban exclusivamente al estudio de los animales vivos y extintos. Se había creado un amplio espectro de institutos especiales, fundados, equipados y provistos del personal correspondiente para la realización de trabajo avanzado en zoología, fisiología, paleontología y otros temas.

El instituto de investigación y entrenamiento, afiliado a la universidad, se transformó en un rasgo característico de la vida científica alemana. Proporcionaba grandes retribuciones científicas y se convirtió en un modelo muy envidiado por fundaciones similares en otros países. Entre esos institutos, tal vez fueran los más conspicuos los dedicados a la fisiología, conservados como dependencias del programa médico de las universidades. El afamado instituto de Carl Ludwig en Leipzig, al que se dieron instalaciones espaciosas e independientes en 1869, fue diseñado por el fisiólogo mismo, pensando en las necesidades especiales de su ciencia. Tenía forma de E, con el cuerpo principal y las alas externas dedicadas cada una a una rama separada de la fisiología, experimentación animal, anatomía microscópica y química. La corta ala central albergaba un salón de conferencias. Se le proporcionaron laboratorios completamente equipados, una biblioteca científica y ayudantes entrenados para cooperar tanto en la investigación como en la instrucción. Efectivamente, fue esta actividad combinada de investigación original y enseñanza, lo que definía al trabajo universitario de nivel superior en las instituciones alemanas. Los estudiantes en busca de grados superiores participaban en el programa de investigación del profesor o del instituto. Su entrenamiento formaba parte inseparable de la actividad del instituto. Eran estudiantes de investigación trabajando ya en su ocupación vital. Era pues extraordinario el estímulo proporcionado a la investigación original continua y no es sorprendente que, después de 1870, cuando la actividad política, económica e intelectual de Alemania se había disciplinado por completo, un periodo de trabajo en las universidades e institutos alemanes se transformara en un componente necesario en el entrenamiento de todos aquellos que aspiraran a la preeminencia en biología.

Algunas de las características más notables del establecimiento de la biología como miembro distinto de la ciencia, incluyeron posiciones universitarias para el maestro y, no menos importantes, para sus estudiantes; laboratorios con instrumentos adecuados y suministros para instrucción e investigación; creación de organizaciones profesionales y de periódicos y otras publicaciones especializadas; aumento continuo de las colecciones de museos y nuevos des-

cubrimientos en la flora y la fauna (especialmente, por medio de estaciones marítimas, de las riquezas de la vida del mar). Los motivos tras esa actividad son múltiples y aún están poco explorados. Seguramente, un interés sentimental y el placer en la naturaleza y los seres vivos desempeñaron una función tan grande en la creación de museos, como la clara tendencia a adquirir la gloria nacional. Intereses como los de la agricultura y la ingeniería sanitaria esperaban lograr ventajas de la biología y por lo tanto le prestaron su apoyo. Las posibles aplicaciones médicas, así como una función integral en el entrenamiento de los futuros médicos, alentaron para que se diera más apoyo a la fisiología y a otras especialidades biológicas. Los jactanciosos ideales de las universidades alemanas: *Lernfreiheit* y *Lehrfreiheit,* es decir, la libertad del individuo para aprender y enseñar, sujeto sólo al control de su propio buen juicio, anunciaron al mundo que aprender tenía valor por derecho propio, que pertinencia y aplicabilidad rápida no eran necesariamente las mejores normas para juzgar todo pensamiento y acción, y que el empeño universitario, en su expresión más genuina, era el logro más alto de los hombres racionales. En este elevado plano, la biología también encontró su propio sitio.

TEMAS Y EDICIONES EN LA BIOLOGÍA DEL SIGLO XIX

El pensamiento biológico durante el siglo XIX no presentaba un cuerpo de doctrina conveniente y unitario. Aunque esta diversidad de pensamiento constituye la vitalidad y el interés reales de la biología, impide la generalización histórica simplista. Debe prestarse tanta atención al detalle y a la diversificación de la ciencia, como la que se presta a la elaboración de temas esenciales, que daban forma a la biología durante ese periodo. Sin embargo, tiene que presentarse al principio una sugerencia de esos temas esenciales. La explicación histórica requiere hacer mayor hincapié, porque éste era el postulado fundamental de los teóricos de la evolución del siglo XIX. No obstante, su influencia se sintió y reconoció en numerosas áreas de la biología no confinadas estrictamente a problemas de la ascendencia histórica y la modificación de las plantas y los animales. Esa influencia dejó su marca en la teoría celular original, en la descripción y la interpretación de los cambios del desarrollo de embriones, en doctrinas de la evolución, en teorías de la naturaleza y las relaciones de la sociedad humana. Nuestro punto de referencia ya no necesitó ser un conjunto de verdades intemporales, apoyadas supuestamente en la creación. A partir de entonces se encontraría satisfacción intelectual mediante la apreciación cuidadosa de las condiciones antecedentes y las consecuencias subsiguientes. Las leyes de la naturaleza eran invariables, y todos los procesos naturales se capitalizaban en acontecimientos anteriores. El futuro estaba construyéndose sobre las adquisiciones del pasado. La relación indisoluble de las últimas con el primero constituyó un proceso histórico y fue

considerada, a pesar del temprano y notable criticismo de Hume y Kant, una verdadera conexión causal. El punto de vista estático, ya sea que exija la inmutabilidad absoluta de las cosas o la noción más común de una ronda infinita de cambio histórico cíclico (sin dirección), parecía simplemente ignorar el argumento y la evidencia producidos por la cosmología, la geología y la biología, de que el cambio progresivo era la característica más sobresaliente de los fenómenos naturales.

"Una perfecta y satisfactoria anatomía –escribió Ignaz Döllinger (1824), crítico de la preformación y uno de los primeros defensores de la diferenciación progresiva del embrión– tiene que dar el momento y la manera de originarse de todas las formaciones del cuerpo humano". El anatomista tiene que identificar los tejidos del cuerpo y notar cómo y cuándo se diferencian unos de otros. También tiene que estar atento al desarrollo de los órganos de estos tejidos. Tiene que entender la formación del cuerpo adulto a partir de esos componentes y seguir el rastro a ese cuerpo durante todo el trascurso de su vida. Esta sería una "perfecta anatomía", porque relaciona la estructura con los importantes procesos del desarrollo. Histórica, como se le llamó en ocasiones, la explicación genética fue una explicación satisfactoria. Treinta años después, el filósofo de la evolución *par excellence,* Herbert Spencer, se quejaba de que los hombres "contemplan habitualmente las cosas más bien en su aspecto estático que en su aspecto dinámico, nunca se dan [se darán] cuenta del hecho de que, por pequeños incrementos de modificación, puede generarse en el tiempo cualquier grado de modificación". Spencer hace aquí hincapié en aspectos de la explicación histórica que critican la doctrina de la evolución: falta de restricción por modificación potencial, la vastedad del tiempo y las posibilidades de gran cambio como resultado de la suma de ligeras variaciones individuales. Los principios decisivos de la explicación histórica fueron ejemplificados admirablemente por la aparición de la lingüística comparativa, un tema cuyas conclusiones y cuyo éxito durante el siglo XIX arrojan una valiosa luz sobre las preocupaciones del biólogo. Los estudiantes del lenguaje del siglo XVIII consideraban el pensamiento como un cálculo de ideas. Estudiando ideas se llegaba directamente a analizar las palabras que les daban expresión. Se buscó una gramática universal, eterna e invariable, y se fundó en la premisa de que la humanidad presentaba una unidad en sus procesos psicológicos. La nueva gramática era intemporal; no se desarrollaba. Buscar y, peor aún, encontrar una gramática universal, posiblemente significaba la negación de la diversidad lingüística esencial del presente y seguramente del pasado. No obstante, el estudio atento de la escritura del idioma sánscrito y su comparación con la de las lenguas europeas y del oeste de Asia, muertas y vivas, ya estaban sugiriendo a algunos lingüistas que los grados infalibles de relación podían atribuirse a conexión familiar y no a gramática universal. Ningún filólogo, anunció (1786) el gran orientalista William Jones, podría

examinar el sánscrito, el griego y el latín "sin creer que habían surgido de una fuente común", tal vez ya perdida. Las peculiaridades lingüísticas secundarias, aunque notables, no podían oscurecer esa relación, ahora tan firmemente cimentada sobre la ascendencia común y el producto del desarrollo. A partir del trabajo de Jones y de la laboriosidad de los lingüistas alemanes posteriores surgió esa escuela histórica de filología cuyos logros pasmaron al siglo XIX, y para la cual la explicación genética era una explicación genuina. El tiempo era, efectivamente, la medida de todas las cosas. La manera de la naturaleza no era estática ni un eterno retorno a los sucesos del pasado. El lenguaje, la sociedad humana y los organismos vivos eran concebidos orgánicamente. Crecían. El curso de su vida era un registro de un brote continuo de novedad, divergencia de expectativas y extraños remanentes de circunstancias pasadas. La simple referencia a la cualidad intemporal de la unidad, bien ordenada por Dios, como mecanismo, parecía más una explicación inadecuada de esa entidad dinámica: la naturaleza. Más bien uno tiene que aprender cómo ocurre el cambio y creer que los fenómenos presentan una afirmación constante de la calidad esencial del cambio en nuestro mundo. Si las leyes de la naturaleza eran constantes, los productos de su función no necesitaban ser siempre así y los procesos que definían esas leyes eran la esencia del cambio. Por esas leyes y esos cambios, los biólogos del siglo XIX se vieron enfrentados tanto a una explicación como a fenómenos dignos de la mayor atención. La explicación histórica hacía hincapié en el proceso, la perpetua modificación de las cosas. Este interés se expresa por sí mismo, claramente, en los esfuerzos de los evolucionistas del siglo XIX por definir el mecanismo que controlaba la transformación de los organismos, ya fuera acción ambiental o selección natural. Pero esa insistencia en el proceso de cambio no requería sólo la ascendencia de la explicación histórica para hacerlo un objeto de interés e investigación biológica intensivos.

Para un numeroso y rápidamente extendido grupo de biólogos, la explicación histórica era de poco interés y probablemente no pertinente. Su tema era la fisiología. La necesidad expresada por Lawrence de "explorar el estado activo" del organismo circunscribe claramente su interés: deseaban sondear cada vez más profundamente en las operaciones funcionales de la criatura viva. Virtualmente, todo fenómeno que observaban era atrapado en el flujo incesante de la vida y la apreciación y el control de ese flujo eran el gran objetivo del fisiólogo. La investigación fisiológica avanzó con rapidez asombrosa en el transcurso del siglo. Hacia 1900 presentaba numerosas pruebas de logro concreto. Hacía mucho que se había resuelto el misterio del calor animal y se habían asentado los cimientos para analizar las relaciones de energía de la vida. Se había descubierto la naturaleza del impulso nervioso y, más significativamente, estaban madurando medios conceptuales y experimentales para comprender la integridad de comportamiento del organismo. Iba a

descubrirse que los agentes químicos, expresados fisiológicamente como secreciones internas, cooperan con el sistema nervioso asegurando el funcionamiento armonioso del organismo. Se habían hecho progresos excepcionales con respecto a las estimaciones de la naturaleza y las proporciones de los nutrientes requeridos para la conservación de la vida. Esta lista puede extenderse fácilmente y emplearse para demostrar el progreso innegable, así como las vacilaciones, las direcciones equívocas y los errores de la fisiología. Hacerlo así crea un sentido razonable de los logros prácticos de una ciencia importante y resalta forzosamente la especialización que se apoderó de la biología y de sus principales subdisciplinas. Sin embargo, este registro de logros por sí solo confunde y pospone la tarea de aislar las preocupaciones comunes, si había tales, de los fisiólogos del siglo XIX.

Ese terreno se explora mejor en el dominio del método y los modos de explicación. El pensamiento biológico en el transcurso del siglo disfrutó de una aturdidora variedad de vitalismos y mecanismos. Detrás de esas doctrinas particulares había una meta común, la de anunciar en términos explícitos lo que debía ser el ser último o la esencia de la vida. Al definir las tareas de la nueva biología, Treviranus hizo notar que el objeto de nuestras investigaciones es la vida física. El primer paso hacia ese objetivo tiene que ser, por consiguiente, responder a la pregunta: ¿qué es la vida? Pero esta pregunta es la más difícil de contestar de todas.

Una respuesta (la del vitalismo panteísta) fue ofrecida por los filósofos naturalistas alemanes en los primeros decenios del siglo. Otra y ferozmente opuesta respuesta fue proclamada por los mecanicistas radicales o fisiólogos materialistas del decenio de 1850. Finalmente, ambos grupos tomaron prestada su biología de su metafísica. Los fisiólogos ingleses en general se inclinaban por una forma o formas de vitalismo menos estridentes. Materialismo, mecanicismo y vitalismo son términos globales y sus significados están sujetos a una desalentadora variación; sin calificación plena y explícita, su empleo suele ser pernicioso.

Hacia la mitad del siglo y por consiguiente, en forma contemporánea a las más acaloradas disputas entre los modos de explicación rivales, surgió una búsqueda autoconsciente para hacer de la biología una ciencia experimental. La aplicación de procedimientos experimentales en organismos vivos tiene una historia que se remonta a la Antigüedad. Las retribuciones de tales procedimientos eran obvias para todos los que habían estudiado, por ejemplo, los informes del fisiólogo suizo Albrecht von Haller o, más impresionante aún, las publicaciones de los notables fisiólogos experimentales de fines del siglo XVIII en Italia. Los de mente más tranquila entre los mecanicistas alemanes abogaban por la experimentación y la aplicaron en forma fructífera a materiales biológicos. Los fisiólogos franceses e ingleses no harían menos.

Empero, fue hacia mediados del siglo cuando esa práctica, entonces familiar, cayó bajo la inspección inquisitiva y extensa de

los experimentalistas. La famosa *Introduction á l'étude de la médecine expérimentale* de Claude Bernard (1865)[1] fue un notable informe sistemático. El experimentalista buscaba, por encima de todo, circunscribir rigurosamente los fenómenos pertinentes a sus intereses y luego especificar y explicar los términos (las condiciones variables) por los que podían producirse o modificarse los fenómenos. Los resultados de experimentos, ejecutados adecuadamente, podían entonces ordenarse y se podían aventurar proposiciones generales con respecto a las diversas funciones del cuerpo. Aproximadamente, a partir de 1880, los intereses experimentales adquirieron progresivamente ascendencia sobre la biología en general. El trabajo de los experimentalistas, así como su campaña de publicidad, se propagó a través de Europa y de Estados Unidos y dejó una marca experimental distintiva sobre la biología del siglo XX.

En términos sencillos, la experimentación era simplemente cuestión de procedimientos manipuladores. No era más que un método, y fue llamado para que se transformara en el método preponderante en la biología. La mayoría de los experimentalistas, a pesar de la gloria pública de sus procedimientos, no estaban libres de compromisos metafísicos. En los departamentos de fisiología de universidades e institutos alemanes, donde los medios y el impulso hacia el trabajo experimental eran excepcionalmente grandes, el mecanicismo y el materialismo eran bienes comunes. Solían asumir la forma del reduccionismo, por el que los procesos vitales se "reducirían" a la física y a la química, y el contenido conceptual se adscribiría a, o quedaría implicado en esas ciencias, supuestamente, más fundamentales. Bernard era menos temerario filosóficamente y prefería enfocar toda su atención en las relaciones entre los fenómenos biológicos y no en su esencia. Para su desgracia, se encontró con el cargo de dirigente de un nuevo vitalismo.

Para los fisiólogos más astutos o moderados de fines del siglo, la pregunta de Treviranus (¿qué es la vida?) nada había perdido de su fascinación. Sin embargo, había dejado de ser el punto inicial práctico de la investigación fisiológica. Aunque esa gran pregunta podría, muy bien, seguir siendo el objetivo último de la comprensión fisiológica, había sido desplazada de los asuntos diarios de los fisiólogos por intereses más inmediatos. Tenían que describirse los procesos vitales y analizarse las funciones, tanto en sus manifestaciones independientes como en las coordenadas. La cuestión más urgente había llegado a ser la de cómo arreglárselas mejor con esa tarea. De la anatomía tradicional, la fisiología había tomado prestada, y al mismo tiempo explotado, la práctica venerable de la comparación. La naturaleza había variado pródigamente sus producciones y la observación estrecha, seguida de comparación cuidadosa, de los diferentes medios por los cuales se realizaban ciertas funciones (por ejemplo, la respiración mediante pulmones, branquias, tráqueas de insectos

[1] *Introducción al estudio de la medicina experimental.*

o difusión superficial) podría proporcionar información fisiológica de gran valor. La fisiología comparada era considerada, por algunos experimentalistas, como demasiado pasiva y propensa a perder el razonamiento analógico. La experimentación ofrecía certezas; su envergadura podría, en ocasiones, ser reducida pero sus resultados eran fidedignos; su empleo introdujo en la biología la seguridad que la física y la química modernas parecían disfrutar, al confrontar las infinitas complejidades de la naturaleza.

Podemos concluir, por supuesto, con la debida precaución, que los intereses biológicos generales se desviaron significativamente durante el siglo XIX. El primer lugar perteneció siempre al organismo y sus actividades. Sin embargo, la primacía en el pensamiento se desvió, de esforzarse en definir la esencia de la vida, a atender asiduamente los fenómenos de la misma. Esto se observa mejor en el interés vital de ese periodo por las cuestiones de método e interpretación. La biología se estaba volviendo positivista. Quienes deploraban la aparente aridez intelectual de este enfoque, vieron disminuir su número y a sí mismos, a menudo, destituidos por sentimentales demasiado atados por compromisos espirituales o metafísicos pasados de moda. Las ciencias de la vida estaban cambiando seguramente su constitución.

FORMA, FUNCIÓN Y TRANSFORMACIÓN

Ninguna obra que abarque poco puede desplegar bastante y ni siquiera cubrir superficialmente los muchos temas perseguidos por la biología del siglo XIX. Debe prestarse especial atención a las omisiones principales. De éstas es, con mucho, la más seria, la del campo extenso e importante del trabajo experimental que se ocupa de la electrofisiología, la naturaleza y la transmisión del impulso nervioso y la acción integradora del sistema nervioso. La microbiología, las actividades del sistema endocrino y las secreciones corporales, las bases neurológicas de la mente y la evolución de la psicología y, sin duda, se verá que faltan otras materias. Algunas de esas omisiones pueden resultar sin importancia, pero todas fueron necesarias. Se ha tratado de exponer lo más completamente posible los temas que se han incluido y para asegurarlo, dentro de los límites impuestos, las distorsiones introducidas por lo menos se reconocerán, si no se corrigen verdaderamente. Las fechas limitantes de 1800 y 1900 ya no tienen más importancia intrínseca en la historia de la biología, que la que brindan a los historiadores en general. Se hace hincapié en el pensamiento y la práctica biológica durante el siglo XIX. No obstante, siempre que fue necesario, y esa necesidad es común, se traspasaron libremente tales límites para servir a la integridad del tema y de la exposición.

Para un grupo de biólogos, ampliamente compuesto por anatomistas, histólogos y embriólogos, el aspecto y las estructuras constituyentes del cuerpo de la planta o el animal parecían de capital importancia; estudiaban la forma orgánica y los medios por los que llegaba a ser. Un segundo grupo

se concentraba en los procesos vitales (respiración, nutrición, excreción y similares) que manifiestan, en diversas formas, todas las criaturas vivas. Estudiaban la función; su tarea autoasignada como fisiólogos era la de comprender las funciones más internas del cuerpo. Los estudios de la forma y la función no siempre estuvieron claramente separados e iban a obtenerse enormes logros al ocuparse de los problemas con las fuerzas combinadas de la anatomía y la fisiología. Para un tercer grupo, el problema de mayor interés era la relación, tanto en el mundo del presente como en el del pasado, entre las diversas especies de plantas y animales y entre los seres vivos y su ambiente cambiante. Esos hombres, llamados después evolucionistas, estudiaban las transformaciones de la vida durante vastos periodos, y al hacerlo así remodelaron grandemente los objetivos científicos de la historia natural. Por consiguiente, la forma, la función y la transformación ofrecen puntos ventajosos familiares y susceptibles de expansión desde los cuales observar la evolución de las ciencias de la vida durante el siglo XIX. Bajo esas rúbricas aparece la consideración de las unidades estructurales de la vida (órganos, tejidos, células) y el modelo de su distribución dentro del organismo; los procesos de desarrollo por los cuales se forman esas unidades y los organismos que las constituyen; la identificación y el establecimiento de una explicación satisfactoria de los cambios en la forma y el comportamiento de los organismos a través de largos periodos; la delineación de ciertas ciencias que se ocupan del ser humano como animal y como criatura social, que posee un pasado interesante y recuperable, y las investigaciones especiales y los préstamos tomados de otras ciencias, que brindaron la certeza de que la energía se conserva también en los seres vivos, una demostración que capacitó a los fisiólogos para que designaran confiadamente a la energía como el fundamento último de la mayor parte y probablemente de todas las actividades vitales.

En algún momento, durante el segundo tercio del siglo XVIII, quienes se interesaban en los fenómenos de la vida empezaron a aislar y examinar problemas especiales para tomarlos en consideración y, conscientemente o de alguna otra manera, idear o articular técnicas y puntos de vista especiales para llevar a cabo su examen. Este proceso avanzó velozmente sin disminuir durante todo el siglo XIX. Su efecto último fue el de crear una organización de hombres que eran biólogos identificables y cuyo tema, que abarcaba una multitud de especialidades, era la biología. La creación de la biología como disciplina reconocida siguió pues, con sólo una breve demora, al establecimiento del tema legitimado del que se ocupaba la ciencia.

V

EL ESTABLECIMIENTO DEL DARWINISMO



CAPÍTULO 14

EL NÚCLEO DURO DEL DARWINISMO

Rosaura Ruiz G.*
Francisco J. Ayala**

El presente estudio tiene el objetivo de contribuir a precisar algunos conceptos en el análisis de la introducción del darwinismo desde Inglaterra hacia otros países. La preocupación surge porque en diferentes trabajos se sostienen distintos puntos de vista sobre lo que debe ser considerado darwinismo.

En la primera parte del trabajo hacemos un resumen del proceso de elaboración de la teoría de la selección natural, pues consideramos que el análisis epistemológico de un concepto contribuye a su comprensión. Al ser el objetivo primordial de la ciencia elaborar teorías con efectividad en la resolución de problemas,[1] el análisis histórico-epistemológico nos permite entender cuáles eran los problemas que Darwin intentaba resolver y la forma en que lo hizo. En este sentido, puede decirse que el principal problema de Darwin fue proveer un mecanismo natural plausible que diera cuenta de la gran diversidad de seres vivos que existen y de los que se han extinguido; mecanismo que al mismo tiempo fuera una alternativa naturalista a la concepción del diseño perfecto proveniente de un Creador que adapta los organismos y sus partes al ambiente.

En la segunda parte proponemos los puntos básicos que deben considerarse en el análisis de las concepciones darwinistas introducidas. En especial es importante distinguir entre las concepciones de Darwin y las de otros autores que jugaron un papel central en la difusión e introducción del darwinismo. En Iberoamérica es importante considerar a Ernst Haeckel, a Hebert Spencer y a Francis Galton. El primero es el más importante de los difusores del darwinismo en el siglo XIX y los segundos desempeñaron un papel fundamental en la extensión de las ideas de Darwin a ciertos ámbitos que Darwin no tenía en mente cuando elaboró su teoría: la evolución social humana y el mejoramiento de nuestra especie. Nadie como Spencer se ocupó de analizar las implicaciones del darwinismo y en general del evolucionismo en el

* Laboratorio de Historia de la Biología y Evolución, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
** Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Irvine, EU.
[1] Laudan L. (1996), *Beyond Positivism and Relativism Theory, Method, and Evidence,* EU, Westview Press.

desarrollo de la sociedad humana. No en vano las aristocracias británica y estadounidense, sobre todo esta última, se adhirieron a tan conveniente concepción de la división de clases. Pero los tres autores tuvieron sus propias concepciones sobre las causas de la evolución y en muchos casos tergiversaron las de Darwin sin aclarar cuáles eran sus ideas y cuáles de Darwin.

Este problema surge sobre todo con Haeckel y Galton. Por ejemplo, en Haeckel no hay idea de la participación del azar en la evolución; para él variación y adaptación son lo mismo, como en Lamarck. De hecho, la concepción de Haeckel es explícitamente la integración del lamarckismo con la idea de selección natural. Por lo tanto, lejos de tratarse de un darwinismo más o menos ortodoxo es realmente una tergiversación. Por su parte, Galton en su preocupación por mejorar la especie humana, por "desechar a los indeseables y multiplicar a los deseables", aquellos cuyas calificaciones y disposición los erigían en líderes de opinión, defendía un determinismo hereditario. El carácter, la inteligencia, la capacidad innovadora eran para Galton tan heredables como la altura, el color de ojos y el color del cabello. Para él, las diferencias en el éxito entre los humanos se debían a la calidad de los individuos reproductores. Creía que Darwin estaba de acuerdo con este punto. Galton no entendía la importancia que tiene el ambiente en la evolución, no percibía que hay una relación entre el ambiente y el carácter adaptativo de una variación y, por lo tanto, no distinguía el carácter relativo de la adaptación, le daba un carácter absoluto. En una carta que le envió después de leer *Hereditary Genius*,[2] Darwin le manifestó sólo un parcial acuerdo:

> Has hecho un convertido de un oponente en un sentido, porque yo he mantenido siempre que todos los hombres, con excepción de los retrasados mentales (*fools*), no difieren mucho en inteligencia, sólo en el entusiasmo y la capacidad de trabajo; y todavía pienso que es una diferencia eminentemente importante.[3]

Galton le contestó que tal entusiasmo y capacidad eran, por supuesto, caracteres hereditarios. Para Galton, los individuos nacen con determinadas capacidades y el ambiente puede hacer muy poco por cambiarlas. En cambio, a Darwin le impresionó mucho el caso de los fueguinos "colectados" por FitzRoy en un viaje del *Beagle* a América y que llevaban de regreso en el viaje de Darwin. Mientras estuvieron en Inglaterra los fueguinos sobrevivientes (uno murió al poco tiempo de su llegada) aprendieron inglés y todo lo que sus "civilizadores" ingleses les enseñaron. Además, en *El origen de las especies* Darwin afirma que es importante no confundir los hábitos y los instintos.[4]

[2] Galton, Francis, *Hereditary Genius,* 1869.
[3] Darwin, F. y A. Seward (1903) (eds.), *More Letters of Charles Darwin,* Londres, J. Murray and Sons, vol. 1, p. 317.
[4] Darwin, Charles (1859), *El origen de las especies*, p. 209. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life.* Impresión facsímil de la primera edición, con introducción de Ernst Mayr, Cambridge, Harvard, 1964.

El caso de Spencer es diferente, pues aquí la influencia fue mayor de Spencer a Darwin que al contrario, en un sentido importante. Darwin aceptó como sinónimo de selección natural la spenceriana "sobrevivencia del más apto". Para Spencer, la evolución es un principio universal, desde el Sistema Solar a los seres vivos, y la sociedad humana y sus productos han cambiado de lo simple y homogéneo a lo complejo y diferenciado. Este proceso de heterogenización y de individualización es inevitable, es una ley que lleva al progreso en todos los niveles de evolución. Para Spencer el darwinismo, en particular su noción central de selección natural, vino a validar sus tesis evolucionistas. En el caso de la humanidad, el éxito social era muestra de una superioridad hereditaria que garantizaba el triunfo en la lucha por la existencia. La diferencia mayor entre Darwin y Spencer se encuentra en la defensa de Spencer de una fuerza intrínseca, misteriosa, desconocida, que trabaja continuamente en la producción de variación. Esta fuerza, llamada por él "poder inescrutable" o 'incognocible", era una idea religiosa, pues dicha fuerza podía identificarse con Dios. Esta fuerza creaba la diversidad inicial sobre la que la selección natural actuaría mecánicamente.[5]

Por otra parte la teoría evolucionista de Spencer tiene fuertes raíces en el lamarckismo. Spencer, como Haeckel, no aceptó la participación del azar en la evolución; para él toda estructura y toda función tienen un propósito y éste tiene siempre que ver con el progreso. El evolucionismo de Spencer es más bien lamarckiano; en Darwin la selección natural favorece a los más fuertes en la lucha por la existencia. Las entidades que interactúan en esta lucha funcionan como selectores de los caracteres hereditarios que determinan el mayor vigor. Aquí la selección natural es una fuerza creativa. En Spencer la lucha tiene otro sentido, el sufrimiento obliga a los individuos a ir más allá de los límites de la herencia. Como señala Bowler:

> El propósito de la lucha no es eliminar al no apto sino forzarlo a volverse apto. Las miserias que siguen al fracaso son la mejor manera posible de educar al débil para que sea más industrioso y emprendedor en el futuro. Eliminar la estupidez congénita es sólo un factor secundario –la vasta mayoría de la gente tiene la habilidad de funcionar adecuadamente en el mundo con sólo poner su mente en ello, y la ventaja del individualismo sin restricciones es que fuerza a cada uno a maximizar sus esfuerzos y explotar su iniciativa por completo.[6]

Para Spencer los cambios logrados serían convertidos en hereditarios y sólo los incapaces de cambiar serían eliminados.[7]

Por último, es importante no olvidar que el darwinismo ha ido aumentando en

[5] Schipman, P. (1994), *The Evolution of Racism,* Simon and Schuster, Nueva York, p. 109.

[6] Bowler, P. (1990), *Charles Darwin, The Man and his Influence,* Cambridge, Mass., Basil, Blackwell, p. 198.

[7] Spencer, H. (1851b), "The Development Hypothesis", reimpreso en sus *Essays,* 1983, vol. 1, pp. 381-387.

precisión, cualidad que ayuda en el análisis histórico porque posibilita la mejor comprensión de los conceptos darwinianos. Esto es válido siempre y cuando no se confundan las concepciones actuales con las ideas originales; por ejemplo, la aceptación de Darwin de la herencia de caracteres adquiridos. Tampoco debe crear confusión la afirmación de que la incorporación del mendelismo como explicación de la herencia no altera la concepción de las causas de la evolución de Darwin. Por ello, incluimos una reflexión sobre el origen de los conceptos centrales del darwinismo, lo cual nos permite mostrar que las precisiones modernas no cambian el sentido original de dichos conceptos.

EL DESCUBRIMIENTO DE LA SELECCIÓN NATURAL

Cuando Darwin se integró como naturalista en el *Beagle*, era partícipe de la tradición de investigación[8] de la época, entre cuyos más destacados representantes se encontraba Charles Lyell. En ese tiempo Darwin era un creacionista convencido, que pensaba que la creación debería ser suficiente para entender todos los fenómenos existentes; y es con esa visión que empieza su incursión en la ciencia.

Cuando regresó a Inglaterra (diciembre de 1836) inició la redacción del *Viaje de un naturalista*. Entonces, recibió el reporte de las especies que recolectó de los taxónomos que realizaron las identificaciones.[9] Entender a qué especies pertenecían estos organismos y relacionarlos con su distribución geográfica, lo llevan a notar que hay ciertos hechos que no pueden ser explicados con las teorías vigentes, y en especial, a contradecir la visión de Lyell sobre los seres vivos y a pensar en la posibilidad de la evolución. En un extracto de los *Cuadernos sobre la ornitología* en el viaje del *Beagle*, escribió: “Si estas observaciones son mínimamente fundadas, valdrá la pena estudiar la zoología de los archipiélagos, pues tales hechos minarían la estabilidad de las especies” (esta entrada en su diario –contemporánea al inicio del primer *Cuaderno sobre la transmutación de las especies*– se ha considerado como una muestra indudable de que en la primavera de 1837 Darwin había abandonado el fijismo). A partir de ese momento se propuso elaborar una explicación para la evolución, pues las que existían en ese momento, como la

[8] Utilizamos el concepto de “tradición de investigación” en el sentido de Laudan (1977, 1996), según el cual las tradiciones de investigación son guías para la investigación en tanto: “1. Indican cuáles asunciones pueden ser vistas como ‘conocimiento antecedente’ no controversial por todos los científicos que trabajan en esa tradición; 2. Ayudan a identificar aquellas porciones de la teoría que están en dificultades y deben ser modificadas o corregidas; 3. Establecen reglas para la recolecta de datos y para la puesta a prueba de las teorías; 4. Plantean problemas conceptuales para cualquier teoría de la tradición que viola los sustentos ontológicos y epistémicos de la tradición parental.” Laudan, *op. cit.*, pp. 83-84.

[9] Entre otros, participaron John Gould, quien identificó las aves; Richard Owen, mamíferos vivientes y fósiles; Joseph Hooker, los vegetales; y Leonard Jenyns, los peces.

de Lamarck y la de su abuelo, no le parecían correctas.

El que dichas notas las haya escrito en Inglaterra indica que Darwin no abandonó las concepciones fijistas durante su viaje a las Galápagos. Es decir, no bastaron las observaciones en aquel "laboratorio de evolución" (como las llamó Ernst Haeckel) para que se convenciera de la evolución. El abandono del fijismo tuvo lugar durante la redacción del *Diario del viaje del Beagle*,[10] en la primavera de 1837, cuando la confrontación entre la teología natural y las observaciones del viaje demostraron el desajuste entre ambas. En cambio, todavía en la parte final del viaje, en una entrada en su diario en enero de 1836, al observar la peculiar fauna australiana llamó su atención el que, a pesar de todas sus diferencias con la de los otros continentes, también existieran sorprendentes similitudes entre ellas. Entonces pensó en la posibilidad de que hubieran existido creaciones separadas, y escribió: "Seguramente la misma mano ha actuado a lo largo del Universo. Quizá un geólogo pueda proponer que los momentos de la creación han sido distintos y separados unos de otros, que el creador descansó en su labor".[11]

La teología natural en crisis

Antes de convencerse del evolucionismo, Darwin admite las ideas de la teología natural, en especial la versión de Lyell, hasta que, ya de regreso en Inglaterra, inicia la revisión de sus notas y materiales para la redacción del *Diario del viaje*... Es importante aclarar que las diferencias de Darwin con Lyell se refieren sobre todo a las consideraciones de ambos sobre el origen de los seres vivos. La mayor parte de las ideas geológicas de Lyell (había diferencias respecto al tiempo) y su concepción uniformitarista no fueron rechazas por Darwin, en gran medida fueron incorporadas a su teoría. Las causas de la evolución son tan constantes, graduales y actuales como las causas de la transformación de la corteza terrestre.

Respecto a la distribución geográfica de lo seres vivos, Darwin encontró las siguientes contradicciones con la teología natural:

1. Las diferencias en diversidad biológica entre islas y continentes: el hecho de que exista mayor diversidad biológica en continentes que en islas.
2. Que haya grupos definitivamente excluidos en islas, por ejemplo los anfibios, debido a que sus huevos no resisten el agua salada, o mamíferos, con excepción de murciélagos, en islas muy alejadas de los continentes.
3. Que haya una similitud respecto a distribución geográfica latitudinal y altitudinal.
4. Que existan especies similares en ambientes diferentes y que en ambientes equivalentes no se presenten las especies parecidas que la teología natural supone, contradice la noción

[10] Darwin, C. (1839), *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries Visited*, by H. M. S. Beagle, Ward, Lock y Bowden, 1894.
[11] *Ibidem.*

de perfección del diseño y la propia idea de diseño.

Darwin considera que más que resultado de un diseño perfecto, los patrones de distribución geográfica están determinados por los tipos de locomoción y dispersión de los organismos, junto con las barreras que encuentren. Las islas Galápagos están pobladas por formas capaces de cruzar el océano o que han sido introducidas por el hombre:

> La distribución geográfica es arbitraria, no permanente –esto puede parecer muy fuerte si creemos que el creador creó con leyes– lo cual está demostrado por los muchos hechos de los caracteres zoológicos de estas islas; un aliento [creador] permanente no pudo haber residido en el espacio antes de que las islas existieran; una influencia de ese estilo no debió existir en tales lugares. Sabemos que las aves llegan con semillas.[12]

En este punto, Darwin le da la razón a Linneo y a Lyell en un aspecto: cada especie se ha originado en un solo lugar y de ahí se ha dispersado (Linneo y después Lyell fueron defensores de la noción de centro único de creación).

Otro punto que Darwin cuestiona muy pronto es la explicación de la extinción. Lyell considera que hay dos razones que dan cuenta de la extinción de especies. Una es el cambio en las circunstancias locales. Dicho cambio implica la desadaptación de las especies afectadas, puesto que fueron diseñadas con una adaptación precisa para ese medio. Otra razón es la exclusión competitiva: si dos especies concurren por un mismo recurso, la más débil desaparecerá.

En este punto, igual que en caso de la distribución biogeográfica, Darwin hizo observaciones de las que no da cuenta ninguna de las dos explicaciones. En el *Cuaderno rojo*[13] Darwin escribió sus reflexiones sobre dos casos que ejemplifican esta cuestión. Se trata de la relación entre lo que creyó una llama extinta –*Macrauchenia patachonica*– y la llama actual –*Lama guanicoe*– y entre dos avestruces, la común o grande, *Rhea americana,* y la pequeña, *Rhea darwinii* (actualmente *Pterocnemia pennata*).

Con base en sus estudios geológicos, Darwin concluyó que no había habido cambios climáticos en las pampas donde se encontraron los restos de *Macrauchenia*, por lo tanto su extinción no pudo deberse al cambio de circunstancias. Pensó que tampoco podía atribuirse a la exclusión competitiva por el gran tamaño de la llama extinta. Reflexionó que tal vez una mejor explicación era que la llama actual es un descendiente modificado de la *Macrauchenia*,[14] la cual pudo ha-

[12] Darwin, C., *Journal of Researches*..., Cuaderno B, p. 98.

[13] Darwin, C., *Journal of Researches*..., Red Notebook; S. Herbert (1971). "Darwin, Malthus and Selection", *J. Hist. Biol. 4*: 209-217.

[14] Algo de gran interés histórico y científico es que la "llama" extinta que llevó a Darwin al abandono del fijismo no era en realidad una llama. Cuando Darwin regresó a Inglaterra, Richard Owen le informó que los restos fósiles pertenecían a un camello gigante, perteneciente al orden *Rumi-*

ber desaparecido repentinamente. En lo relativo a los ñandúes cuyas poblaciones sólo estaban separadas por el río Negro –lo cual no constituye una barrera para estas aves–, Darwin consideró que esa distribución no podría esperarse si se acepta la idea de competencia en términos lyellianos.

Darwin pensó que la distribución temporal de *Macrauchenia* y *Lama,* y la distribución espacial de los ñandúes se explicaría mejor si se consideraran sus relaciones de parentesco. En ese momento pensó que en ambos casos una especie podría haber dado origen a la otra en un solo paso; una generación producía la siguiente. Así, el origen de una nueva especie era resultado de las modificaciones que las células sexuales tenían en respuesta a los cambios del ambiente.[15]

En esta primera etapa consideró que la extinción de una especie podía ser un proceso similar a la muerte de un individuo, es decir, igual que un individuo una especie podría extinguirse por haber llegado a la senectud.

De la adaptación perfecta a la adaptación diferencial

Además de *Macrauchenia* (identificada por Owen) y los ñandúes, Darwin fue impresionado particularmente por el informe de John Gould sobre los sinzontes (*mockingbirds*), tal vez porque eran los que mejor había recolectado, ya que tenían bien marcada su procedencia a diferencia de los pinzones, cuyas etiquetas estaban incompletas. Con la determinación de las especies se dio cuenta que las especies de las islas eran similares a las del continente, lo cual interpretado desde su nueva concepción significaba que las especies de las islas podían ser descendientes modificados de individuos colonizadores desde el continente. Esta conclusión resolvía los problemas que él mismo había planteado en cuanto a la distribución geográfica de la teología

---

nantia, y por lo tanto, razonó Darwin, podría ser un ancestro del guanaco, un "camello" pequeño de las pampas, entonces denominado *Auchenia*. Pero a principios de 1838, es decir, después de que Darwin había realizado su análisis considerando a *Macrauchenia* como ancestro directo de *Lama*, Owen informa que había nombrado al fósil *Macrauchenia* y que no era un camélido sino más bien algo como un tapir con cuello de camello, ni siquiera un rumiante. Owen asigna a *Macrauchenia* al orden de los paquidermos (elefantes, hipopótamos, cerdos, tapires, rinocerontes, caballos). Como Darwin señala en *El origen de las especies*, "Cuvier consideró a los rumiantes y paquidermos como los órdenes más distintos de mamíferos". Rachootin (1985). Rachootin clasifica a la *Macrauchenia* como perteneciente al orden *Litopterna* (*talón suave*), un grupo de ungulados extinto.

[15] Hodge y Kohn (1985) sostienen que en ese momento Darwin argumenta de la generación sexual de un individuo a partir de otros dos, de la propagación de una especie a partir de otra. La construcción de esta analogía es posible debido a que Darwin considera que el proceso de maduración embrionaria puede ser influido por el medio, de manera que las variaciones adaptativas que acompañan a la generación sexual en condiciones cambiantes, pueden ser incorporadas a la estructura de la nueva especie. Sólo son incorporadas las adaptaciones y no otros cambios –por ejemplo las mutilaciones– en razón de que el proceso de recapitulación ontogenética sólo permitiría innovaciones en armonía con las estructuras previas. Hodge, M.J.S. y D. Kohn, 1985, "The Immediate Origins of Natural Selection", D. Kohn (ed.), *The Darwinian Heritage*, Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press.

natural. Además condujo a Darwin al planteamiento de dos cuestiones: por un lado le dio pistas sobre la gradualidad del proceso, pues las especies de las islas eran muy parecidas a las del continente; es decir, no había habido un salto, como se le había ocurrido en el caso de los ñandúes. Por otro lado, lo llevó a destacar el papel del aislamiento geográfico en la generación de especies nuevas, pues debido a su concepción de herencia mezclada le pareció que sólo si dos variedades son separadas para la reproducción por barreras geográficas podrían llegar a formar dos especies distintas.[16]

Con las especulaciones anteriores en mente, Darwin aborda el problema de la variación. Es claro que sin variación no hay evolución. El exceso de población resultante de la sobrada capacidad reproductiva de la mayor parte de las especies –en relación con el número de organismos que puede soportar un determinado territorio– se eliminaría al azar.

Para aclarar ese problema, Darwin va a tratar de comprender cuál es el vínculo entre las variaciones que se producen y la formación ulterior de variedades permanentes y de especies. Con ese propósito leerá los trabajos de hibridólogos, horticultores, criadores, etc., intentando dilucidar el proceso de aparición y de conservación de las variaciones.

Un paso fundamental para la elaboración de su teoría fue el reconocimiento de Darwin de que las variaciones no son en sí mismas adaptativas. Una monstruosidad puede en determinado ambiente (por ejemplo, muy desfavorable para la forma original) favorecer al organismo cambiante. Esta es la noción que diferencia el concepto de adaptación de Lamarck y de Darwin. Para Lamarck toda variación es adaptativa, pues es el resultado instantáneo de la acción del organismo que tiene por objeto mejorar la relación organismo/ambiente. En Darwin, a partir de ese momento (vimos que previamente también sostenía una idea de adaptación instantánea) la adaptación es un proceso que se inicia con la aparición de la variación y, por lo tanto, puede seguir dos vías distintas dependiendo del origen de la variación. Si ésta surgió por acción directa del medio o por uso o desuso de los órganos (por las formas lamarckianas de variación), tal variación es inmediatamente adaptativa y su incorporación a los caracteres generales de la especie podrá ser reforzada por la selección natural, pero evidentemente no rechazada. En cambio, si la variación se originó espontáneamente, no es adaptativa en sí misma, su carácter, adaptativo o no, va a depender de la relación organismo/medio; si la variación mejora esta interacción, la selección natural favorecerá al portador, o lo rechazará en el caso contrario.

[16] A pesar de que a partir de Mendel sabemos que la herencia es particulada y se sigue considerando esencial la separación de las poblaciones para que haya especiación, la razón es diferente a la de Darwin. Aunque se admite la posibilidad de la especiación simpátrida, se reconoce que la condición indispensable para que puedan multiplicarse las especies, el aislamiento reproductivo, se logra más radicalmente en condiciones alopátridas. No obstante en la actualidad se acepta, como lo hizo Darwin posteriormente, que en condiciones de simpatría también puede tener lugar la especiación.

La comprensión de este tipo de variación es uno de los aportes más importantes de Darwin a la idea moderna de evolución. Sin esta noción no se entendería la evolución como un fenómeno contingente. Que las variaciones sean espontáneas no significa que sean necesariamente al azar. Darwin las consideró espontáneas porque reconoció su ignorancia del proceso que las produce. En donde hay contingencia y no ignorancia es en el efecto adaptativo o perjudicial de las variaciones: una misma variación puede resultar favorable en un ambiente, perjudicial en otro e incluso ser adaptativamente neutro en un tercero.

A pesar de que Darwin entendió la importancia de la variación en la evolución y de que la integró de forma por demás adecuada a la selección natural, sus análisis de diversos trabajos de variación en domesticidad y los que él mismo realizó sobre variación en la naturaleza (de los cuales el más destacado ejemplo es el de los cirrípedos), no le permitieron avances respecto a los mecanismos de producción de la variación ni tampoco de su transmisión.

El episodio malthusiano

La lectura del *Ensayo sobre los principios de la población* ha sido considerada, por la mayor parte de los estudiosos del darwinismo, como un momento clave de la estructuración de la teoría de la selección natural.[17] La lectura del libro de Malthus contribuyó a la comprensión por parte de Darwin de algunas cuestiones centrales para el evolucionismo.

Entre las más importantes se encuentran la noción de competencia intraespecífica y el análisis poblacional. En la historia natural se conocía la competencia interespecífica, la guerra entre especies de Paley y Linneo, por una parte, y de Lyell y de Candolle, por otra, pero es con Malthus donde Darwin alcanza a entender lo duro de la lucha entre individuos de la misma especie, debido a que sus requerimientos son los mismos. El análisis pasa de la guerra entre leones y gacelas a la guerra de gacelas contra gacelas.

La influencia de la lectura fue determinante. El trabajo de Malthus es un análisis al interior de una especie, en particular de una de sus poblaciones. Esta condición permite entender, entre otros puntos, las consecuencias de las interacciones entre individuos en una población, lo cual produce el cambio de una visión tipológica a una visión poblacional. A partir de entonces, escribe Ospovat:

> Darwin elevaría su atención a los efectos a largo plazo de las diferencias entre

[17] Hodge, M.J.S. (1983), "The Development of Darwin's General Biological Theorizing", en *Evolution from Molecules to Men*, pp. 43-62; Bendall, D.S. (ed.), *Cambridge, University Press*; Londres y Nueva York, Herbert (1971), *op. cit.*; Kohn, D. (1980), "Theories to Work by: Rejected Theories, Reproduction and Darwin Path to Natural Selection", *Studies. Hist. Riol.* 4:67-170; Ospovat, D. (1981), *The Development of Darwin's Theory*, Cambridge, Cambridge University Press, Ruse, M. (1979), *La revolución darwinista*, Madrid, Alianza Editorial; Schweber, S.S. (1977), "The Origin of The Origin Revisited". *Hist. Biol.* 10:229.316; Schweber, S.S. (1980), "Darwin and the Political Economists: Divergence of Character". *Hist. Biol. 13* (1980):195-289.

> individuos sobre la composición de la población; deja de pensar en términos de formas idealizadas y comienza a preocuparse por las actividades de los individuos. El principio de la selección natural era entonces obvio [...]. Para construir una teoría exacta de la selección natural es necesario ver cómo el éxito o fracaso de un individuo puede afectar las propiedades de las especies, alterando gradualmente la proporción de individuos con una característica dada.

Ghiselin[18] plantea que antes de la lectura de Malthus, Darwin tenía los componentes necesarios para su teoría, en particular porque distinguía entre la selección grupal y la selección natural tradicional (individual), pero no la teoría misma: "Todavía pensaba en las especies y variedades como nuevas agrupaciones de cosas caracterizadas por atributos particulares. Tuvo que concebir a las especies como novedades de interacción compuestas por individuos biológicos –como poblaciones– más que como clases."

Fue sólo después de la lectura de Malthus que Darwin cambió su visión de la adaptación. Entendió su carácter relativo: los organismos son más o menos adaptados en comparación con otros. A partir de entonces fue cambiando su concepción, empezó a ver a la adaptación como un proceso, dejó de verla como perfecta, como algo que surge y que instantáneamente corrige al organismo, que lo ajusta al cambiante medio. La entendió poco a poco y presentó su visión definitiva en 1844 (en el Sketch) como una acción que de manera gradual va acoplando las estructuras y las funciones de forma acorde con el ambiente. Antes del episodio maltusiano, Darwin creía que todo cambio en los organismos correspondía a un cambio en las condiciones ambientales, es decir, que toda variación sería una respuesta apropiada al seguimiento del ambiente.

Hasta principios de 1839, Darwin ve a las variaciones como diferencias, no como adaptaciones, entonces dilucida una segunda parte del proceso: el de la selección de las variaciones. Antes de ese momento, Darwin sólo veía la primera parte del proceso; para explicar la evolución parecía ser suficiente entender lo relativo a la producción y conservación de la variación como respuestas a los problemas planteados por el ambiente. La comprensión de que los cambios en los organismos no son adaptativos en sí mismos; el entendimiento de que cada variación hace a los organismos más fuertes o más débiles y más o menos capacitados para la reproducción; en suma, la comprensión del papel que tenía el azar en la calidad de la variación, posibilita el descubrimiento de la selección natural. Lo adaptativo o no de una variación será entonces definido en esta segunda etapa del proceso; los agentes ambientales, que si bien no son los que provocaron las variaciones, serán los que presionen a favor o en contra de dichas variaciones. Así, Darwin introduce una diferencia que hace irreductible su teoría a la del más importante de sus prede-

[18] Ghiselin, M.T. (1969), *The Triumph of the Darwinian Method*, University of California Press, Berkeley.

cesores: en Lamarck el medio instruye al organismo para que cambie hacia la dirección requerida, la evolución es resultado de una única etapa, los organismos se transforman porque se adaptan.

Darwin encontró en la economía política clásica los efectos de eliminación debidos al incremento de la población más allá de los medios de subsistencia. Darwin hace análogo lo que sabía de la guerra entre especies a la lucha por la existencia entre los miembros de una población, entiende la sobrevivencia a nivel individual como el impulso que orientará la evolución de la especie. La lucha produce la adaptación y por lo tanto la explica. Sin la noción de lucha entre individuos de la misma especie, la noción de guerra en la naturaleza a nivel de especies no conduce a la teoría de la selección natural que requiere del concepto de adaptación diferencial. Lo que Malthus muestra es contrario a la visión de naturaleza armoniosa que Darwin, incluso ya evolucionista, sostuvo hasta antes de leerlo.

Entre el 28 de septiembre y el 3 de octubre de 1838, poco después de la lectura del ensayo sobre los principios de la población, Darwin deja de ver a la adaptación como un proceso suave de acomodación de las especies al ambiente gracias a su flexibilidad. La adaptación se vuelve una cuestión de miles de cuñas golpeadas dentro de rendijas angostas:

> Cuñas forzando a todo tipo de estructuras adaptativas a pasar por las brechas de la economía de la naturaleza, o más bien, formando aberturas al empujar para sacar a los débiles. La causa final de todas estas cuñas, debe ser escoger la estructura adecuada adaptada al cambio.[19]

En suma, Darwin lee a Malthus muy enterado de la problemática de la variabilidad y relaciona dos cuestiones esenciales: variación y lucha por la existencia. De ahí el paso fundamental en toda esta historia: los organismos son diferentes, tienen que luchar entre ellos porque son demasiados en relación con los recursos, los organismos más fuertes triunfan en esa lucha y heredan sus características a sus descendientes. En sus lecturas sobre cultivos vegetales y animales aprendió la importancia de seleccionar a los progenitores; de ahí el término de selección que Darwin puso en un nuevo contexto conceptual. Evidentemente, la palabra natural distingue a la selección humana de la que hace la naturaleza.

Puntos principales que deben considerarse en el análisis de las concepciones darwinistas.[20]

La selección natural

La combinación de variación y selección natural es la respuesta de Darwin a la pregunta sobre las causas del diseño de los organismos. La selección natural sólo puede

[19] Darwin, C., *Journal of Researches*..., Cuaderno D, p. 135.

[20] En algunos casos utilizamos términos actuales en aras de una mejor comprensión de los conceptos originales. Lo hacemos únicamente cuando dicha utilización no cambia el sentido de las concepciones de Darwin.

actuar si existen variaciones que den a sus portadores ventajas en la competencia por la sobrevivencia y la reproducción. Desde el punto de vista de Darwin, las variaciones bruscas por lo general causan tal desorganización que impiden la sobrevivencia, por ello sostiene que el diseño de los organismos que permite su adecuación al ambiente es resultado de cambios graduales que se acumulan gracias a la acción constante de la selección natural.

Darwin tiene dos problemas: convencer del hecho de la evolución y plantear un mecanismo que haga evidente el cambio en la historia de los seres vivos y de su acomodo o adaptación al ambiente. Explicación que se extiende al registro fósil, la presencia de órganos rudimentarios y atávicos, la distribución geográfica, la extinción y otros problemas biológicos. La teoría de Darwin resuelve la larga polémica entre defensores de la filosofía natural –como Geoffroy Saint Hilaire– e historiadores naturales –en especial Cuvier– sobre si la estructura de los organismos se debe fundamentalmente a las necesidades de adaptación al medio o a la unidad de tipo (*embranchement*) al que pertenecen.

Darwin brinda una respuesta alternativa al problema del diseño: los órganos de los seres vivos parecen estar diseñados para llevar a cabo una función determinada. Antes de Darwin, el origen de los organismos y sus extraordinarias adaptaciones se atribuían al diseño de un Creador omnisciente. Dios creó a las aves y a las abejas, a los árboles en el bosque, y lo mejor de todo, al hombre. Dios le dio al hombre ojos para que pudiera ver, y proveyó a los peces de branquias para que pudieran respirar en el agua. Los filósofos y los teólogos argumentaban que el diseño funcional de los organismos manifiesta la existencia de un Creador todopoderoso. Siempre que hay diseño, hay un diseñador; la existencia de un reloj evidencia la existencia de un relojero.

Es importante tomar en cuenta este punto pues algunos investigadores confunden con un pensamiento teleológico de tipo lamarckiano la concepción de que los órganos sirven para algo. Tanto en Lamarck como en Darwin los órganos están adaptados para llevar a cabo una función, la diferencia está en la explicación de las causas de dicha adaptación.

Darwin sintetiza la idea de selección natural como "el principio por el cual toda variación favorable, por ligera que sea, es conservada". En *El origen de las especies* expone la argumentación de este concepto utilizando como analogía justificativa la selección artificial. Escribe:

> ¿Puede, entonces, pensarse improbable, viendo que la variación útil al hombre ha ocurrido indudablemente, que puedan ocurrir otras variaciones útiles en alguna forma a cada ser vivo en el curso de miles de generaciones? Si tal cosa ocurre (recordando que nacen muchos más individuos de los que es posible que sobrevivan), ¿podemos dudar que los individuos que tienen una ventaja, aunque ligera, sobre otros, puedan tener mejores posibilidades de sobrevivir y procrear a su tipo? Por otra parte, podemos estar seguros que cual-

> quier variación en la menor medida dañina será rígidamente destruida. Esta preservación de las variaciones favorables y la supresión de las variaciones desfavorables la llamo selección natural.[21]

Concluye este párrafo con el señalamiento de que las variaciones que no son ni benéficas ni perjudiciales (las neutras) no serán afectadas por la selección natural, "y podrán ser dejadas como un elemento fluctuante, como posiblemente vemos en las especies polimórficas".[22]

El argumento

El argumento central del darwinismo es que todas las especies se reproducen en mayor proporción de la que es posible sobrevivir en un territorio. Esta sobreproducción, aunada a una limitación de recursos, provoca una lucha por la existencia en la que los organismos portadores de alguna variación que mejora sus posibilidades de aprovechamiento del lugar que ocupan en la economía natural[23] (nicho) aumentan su número de descendientes. Los descendientes modificados orientarán la transformación de la especie en ese nuevo sentido.

La teoría de Darwin resuelve el problema de explicar el carácter adaptativo de los organismos. Darwin sostiene que las variaciones adaptativas aparecen ocasionalmente y es probable que éstas incrementen las oportunidades reproductivas de sus portadores. A través de las generaciones las variaciones favorables serán conservadas y las perjudiciales eliminadas. La selección natural no tiene límites. Darwin añade: "No puedo ver el límite de este poder para adaptar hermosa y lentamente cada forma, a las más complejas relaciones de la vida". La selección natural fue propuesta por Darwin principalmente para dar cuenta de la organización adaptativa, o diseño, de los seres vivos; es un proceso que promueve o mantiene la adaptación. El cambio evolutivo a través del tiempo y la diversificación evolutiva (multiplicación de especies) no están directamente promovidos por la selección natural, pero a menudo resultan ser coproductos de la selección natural.

Para Darwin, la selección natural era, principalmente, la sobrevivencia diferencial que veía íntimamente relacionada con la reproducción. Esto es una diferencia importante con el neodarwinismo, pues se ha pasado el centro de la teoría al análisis de la reproducción diferencial, dando por hecho que la sobrevivencia no es suficiente. La comprensión moderna del principio de selección natural está formulada en términos genéticos y estadísticos. La selección natural implica que algunos genes y combinaciones genéticas típicas sean transmitidos a las generaciones siguientes más frecuentemente que sus formas alternativas. Tales unidades genéticas irán siendo más comunes en cada generación subsecuente, y sus formas

[21] Darwin, C., *El origen*..., p. 80.
[22] *Ibidem*, p. 81.
[23] El concepto darwiniano de "lugar en la economía de la naturaleza" o "lugar en la política de la naturaleza" es antecedente del concepto de nicho. Lo utilizamos aquí por ser mucho más breve que el original, conscientes de sus diferencias que, a pesar de todo, no dan lugar a equívocos.

alternativas menos comunes. La selección natural es un sesgo estadístico en la tasa relativa de reproducción de unidades genéticas alternativas.

La capacidad creadora de la selección natural: su carácter no relacionado con el azar

La selección natural ha sido comparada con un tamiz que mantiene los genes útiles que raramente aparecen y deja ir los mutantes dañinos que surgen con más frecuencia. La selección natural actúa de esa manera, pero es mucho más que un proceso puramente negativo, ya que es capaz de generar novedades incrementando la probabilidad de combinaciones genéticas que, de otra manera, serían extremadamente improbables. Por lo tanto, en este sentido la selección natural es creativa. No crea las entidades sobre las cuales opera, pero produce combinaciones genéticas adaptativas que, de otra forma, no hubieran existido.

El papel creativo de la selección natural no debe de ser entendido en el sentido de la creación "absoluta" que la teología cristiana tradicional predica sobre el acto divino por medio del cual Dios habría creado a las especies. La selección natural debe, más bien, compararse con un pintor que crea una pintura mezclando y distribuyendo pigmentos de varias maneras sobre un lienzo. El lienzo y los pigmentos no son creados por el artista, pero la pintura sí. Es concebible que una combinación al azar de pigmentos pueda resultar en el conjunto ordenado que es el trabajo final del arte, pero la probabilidad de que resulte una obra como *Las meninas* de Velázquez de una combinación al azar de pigmentos es infinitamente pequeña. De la misma manera, la combinación de las unidades genéticas que portan la información hereditaria responsable de la formación del ojo de los vertebrados no podría haber sido producida por un proceso al azar como es la mutación. Aun cuando dejáramos que transcurrieran los tres mil millones de años durante los cuales la vida ha existido sobre la Tierra, la complicada anatomía del ojo, como el funcionamiento preciso del riñón son el resultado de un proceso no al azar, como es la selección natural.

La selección como un proceso acumulativo

La falta de comprensión de la selección natural como un proceso creativo y no un proceso al azar ha sido motivo de permanentes críticas. Por ejemplo, Gabino Barreda, uno de los primeros mexicanos en discutir el darwinismo, planteaba que el ojo humano no podía ser resultado de la selección natural, pues la selección no puede favorecer a partes de un órgano y esperar a que surjan las partes siguientes hasta que el órgano esté completo. Barreda tendría razón si el darwinismo planteara esto, pero lo que Barreda no entendió y ninguno de sus compañeros y discípulos evolucionistas de la Asociación Metodófila pudo explicar es que un órgano como el ojo no surge de pronto, sino que es resultado de la historia evolutiva de dicho órgano. Desde la mancha óptica de las euglenas hasta los ojos de insectos, moluscos y vertebrados, hay una historia de evolución acumulativa.

A Darwin se le planteó el mismo problema. Su respuesta fue que se debía revisar el ojo en la escala animal y no sólo el ojo tan acabado de los vertebrados. Hoy decimos que el ojo de los vertebrados no apareció de pronto, con toda su perfección actual. Su formación requiere de la integración apropiada de muchas unidades genéticas, por lo tanto el ojo no podría haber resultado únicamente de un proceso al azar. Los ancestros de los vertebrados actuales poseyeron, durante más de medio billón de años, una clase de órganos sensibles a la luz. La percepción de la luz y la visión posterior eran importantes para la sobrevivencia y éxito reproductivo de estos organismos. En consecuencia, la selección natural favoreció a genes y combinaciones genéticas que incrementaran la eficacia funcional del ojo. Tales unidades genéticas se acumularon de forma gradual, llevando eventualmente al eficiente y complejo ojo de los vertebrados actuales. La selección natural puede dar cuenta del origen y expansión de constituciones genéticas y, por lo tanto, de tipos de organismos que nunca habrían existido en la acción descontrolada de la mutación al azar. En este sentido, la selección natural es un proceso creativo, aun cuando no cree la materia prima –los genes– sobre los cuales actúa.

La selección natural como un proceso oportunista: sin dirección prefijada

Diseño sin proyecto

Hay un aspecto importante en el cual un artista es una mala analogía de la selección natural. Un pintor a menudo tiene una preconcepción de lo que quiere pintar y modificará conscientemente la pintura de manera que represente lo que él quiere. La selección natural no tiene un proyecto ni opera de acuerdo con un plan preconcebido. Por el contrario, es un proceso puramente natural que resulta de la interacción entre las entidades fisicoquímicas y biológicas (entre sus propiedades). Cada paso de la selección natural es orientado a la mejora de la adecuación del organismo, pero la secuencia total no está preordenada ni tiene un fin preconcebido, de hecho en cada paso puede cambiar la dirección en función de las diferentes presiones de selección. La selección natural simplemente es una consecuencia de la multiplicación diferencial de los seres vivos. Tiene cierta apariencia de tener un propósito, pues está condicionada por el medio ambiente. El que los organismos se reproduzcan más eficazmente depende de qué variaciones posean, que sean útiles en el medio donde viven; sin embargo, la selección natural no prevé los ambientes del futuro: los cambios drásticos en el medio ambiente pueden ser insuperables para los organismos que prosperaban previamente.

Wallace criticó a Darwin por el uso del término de selección natural pues, desde su punto de vista, la utilización de la analogía con la selección artificial se prestaba a la personificación del mecanismo de la selección. Darwin nunca estuvo de acuerdo en abandonar tal nombre de su teoría, pues decía que obviamente se trataba de una metáfora. Una metáfora similar a la de Newton cuando hablaba de la “gravitación” como la atracción entre cuerpos celestes. De todos

modos aceptó la sugerencia de Wallace de utilizar la frase de Spencer "sobrevivencia del más apto" como sinónimo de su teoría. Para Darwin la selección natural no es dirigida por nadie, es un proceso que se lleva a cabo constantemente; los depredadores, los competidores, parásitos, etc., igual que los agentes físicos, constantemente evalúan a los organismos y sólo los que triunfan sobre dichos factores sobreviven y pueden reproducirse. En evolución, no hay nadie que esté seleccionando las combinaciones adaptativas. Éstas se seleccionan a sí mismas al multiplicarse más eficazmente que las menos adaptativas.

Además, la selección natural no se empeña en producir tipos predeterminados de organismos, sino únicamente organismos que estén adaptados a sus ambientes actuales. Qué características sean seleccionadas, depende de qué variaciones estén presentes en un tiempo y lugar dados. Esto, a su vez, depende del proceso azaroso que es la mutación, así como de la historia previa de los organismos (es decir, de la composición genética que tengan como consecuencia de su evolución). La selección natural es un proceso oportunista. Las variables que determinan qué dirección seguirá son el medioambiente, la constitución preexistente de los organismos y las mutaciones que surjan al azar.

Lo central de la concepción darwiniana es la combinación de AZAR Y NECESIDAD. Únicamente la combinación del surgimiento al azar de variaciones y la acción de la selección natural pueden explicar el proceso de cambio de los organismos.

> El mero azar, si así podemos llamarlo, escribió Darwin, puede ocasionar que una variedad difiera de sus progenitores en algún carácter, y a los descendientes de esta variedad que difieran otra vez de sus padres en grado más alto, pero esto solo nunca dará cuenta de la habitual y gran cantidad de diferencias que se presentan entre las variedades de la misma especie y entre especies del mismo género.[24]

Como sostiene Darwin, el origen de las variaciones al azar no explica el carácter adaptativo de los organismos. La selección natural de los organismos sujetos a los caprichos de la mutación genética y a los retos ambientales, es la que mejor explica las radiaciones, expansiones, cambios de una forma a otra, tendencias ocasionales pero irregulares y las extinciones siempre presentes. Estos eventos no son compatibles con un plan preordenado, aunque sean realizados sin ningún diseñador omnisciente y todopoderoso, o como resultado de una fuerza necesaria que conduce al proceso hacia resultados definitivos. La evolución biológica difiere de una pintura o de un artefacto en que no es el resultado de un diseño preconcebido como lo es en el caso de un artista o artesano.

La selección natural explica el diseño de los organismos, pues las variaciones adaptativas tienden a incrementar las probabilidades de sobrevivencia y reproducción de sus portadores a expensas de las variaciones poco o menos adaptativas. Los

[24] Darwin, Ch., *El origen...*, p. 111.

argumentos de Santo Tomás de Aquino o William Paley en contra de la increíble improbabilidad de que aparezcan órganos como el ojo son bien aceptados hasta donde llegan. Pero ni estos eruditos, ni ningún otro autor antes de Darwin, fueron capaces de discernir que hay un proceso natural (esto es, la selección natural) que no es azaroso, sino que por el contrario, es orientado y capaz de generar orden o "crear". Los rasgos que los organismos adquieren en sus historias evolutivas no son fortuitos, sino que están determinados por su utilidad funcional para los organismos.

El azar es, sin embargo, una parte integral del proceso evolutivo. Las mutaciones que producen variaciones hereditarias disponibles para la selección surgen al azar, independientemente de si son benéficas o perjudiciales para sus portadores. Pero este proceso fortuito (al igual que todos los otros que tienen un papel en el gran teatro de la vida) es contrarrestado por la selección natural, que conserva lo que es útil y elimina lo que es perjudicial. Sin mutación la evolución no podría ocurrir, pues no habría variaciones que fueran transmitidas diferencialmente de una generación a otra. Pero sin selección natural el proceso de mutación resultaría en desorganización y extinción, ya que la mayoría de las mutaciones son desventajosas. La mutación y la selección han conducido, en conjunto, el maravilloso proceso que comenzando con organismos microscópicos dio lugar a orquídeas, aves y humanos.

La teoría de la evolución manifiesta el azar y la necesidad conjuntamente intrincados en el meollo de la vida; el azar y el determinismo, trabajando en un proceso natural que ha dado lugar a las más complejas, diversas y hermosas entidades en el universo: los organismos que pueblan la Tierra, incluyendo humanos que piensan y aman, dotados de voluntad propia y poderes creativos, y capaces de analizar el proceso de evolución que les dio existencia. Éste es el descubrimiento fundamental de Darwin de que hay un proceso que es creativo, aunque no consciente, y ésta es la revolución conceptual que Darwin completó: que cualquier cosa en la naturaleza, incluyendo el origen de los seres vivos, puede ser explicado por procesos materiales gobernados por leyes naturales. Se trata de una visión fundamental que ha cambiado para siempre la manera en la que el género humano se percibe a sí mismo y su lugar en el universo.

Las diferencias entre selección natural y selección artificial

Las diferencias entre selección artificial y selección natural ocurren sobre todo porque en la primera el seleccionador es un individuo consciente de sus fines. Un ganadero en el campo y un científico en el laboratorio practican la selección con fines predeterminados. Sin embargo, su actuación en gran parte es equivalente a la de los múltiples factores bióticos y físicos que dirigen la evolución en la naturaleza. Por ello se consideran evidencias a favor de la teoría de la selección natural las investigaciones y en general las prácticas de selección artificial. Este carácter consciente

de la selección artificial impidió a Darwin aceptar que la selección artificial es una forma más de selección natural, pues uno de sus principales problemas era mostrar que en la selección natural no existe precisamente un ser consciente dirigiendo la evolución.

Por ello, aunque utiliza como analogía justificativa la selección artificial, Darwin destaca las diferencias entre ambas. La selección que hace la especie humana es una selección direccional basada en los intereses humanos. Hay una finalidad, un punto de llegada predefinido que no existe en la selección natural. La naturaleza, en cambio, actúa para bien de la criatura, ensaya los caracteres que elige, para que cada ser viviente quede colocado en las condiciones de existencia en las que se ha desarrollado. Esta vía puede tener cambios en función de las necesidades de la especie. Los humanos, por el contrario, nunca toman en cuenta las condiciones precisas que requiere una especie para vivir, colocan especies mezcladas (sin relación ecológica natural) y en las condiciones ambientales más disímiles, no permiten que los machos luchen por fecundar a las hembras, no destruyen a los organismos deficientes, etc., nada de eso hace la selección natural.[25] La selección natural,

> está diariamente, hora tras hora examinando por todo el mundo, toda variación, incluso la más leve; eliminando aquello que es malo, preservando y mejorando lo que es bueno; trabajando silenciosa e imperceptiblemente, siempre y donde quiera que aparece una oportunidad para la mejora de cada ser vivo en relación con sus condiciones de vida orgánicas e inorgánicas. No vemos nada de este lento cambio en progreso, hasta que la mano del tiempo ha marcado el largo periodo de las eras, y entonces es tan imperfecta nuestra visión de eras geológicas pasadas hace mucho tiempo, que sólo vemos que las formas de vida son ahora diferentes a lo que fueron antes.[26]

La selección sexual

En *El origen de las especies*, Darwin menciona brevemente la selección sexual, tema que como sabemos desarrollará a plenitud en *El origen del hombre y la selección sexual*. Señala que este tipo de selección no depende de la lucha por la existencia, sino de una lucha entre los machos por la posesión de las hembras o una competencia entre machos por atraer a las hembras. El resultado no es la muerte del competidor sin éxito, sino una disminución en algún grado del tamaño de la progenie. Otro resultado de este tipo de competencia es el dimorfismo sexual.

OTROS CONCEPTOS CENTRALES

Desde nuestro punto de vista un autor que asuma las ideas centrales de Darwin sobre selección natural y azar (aunque si se trata de autores previos a la síntesis moder-

[25] Darwin, Ch., *El origen...*, p. 83.

[26] *Ibidem*, p. 84.

na además acepten la herencia de caracteres adquiridos) debe ser considerado darwinista. Sin embargo es importante analizar su manejo de otros temas centrales por su interés en sí mismos, pero también porque por un lado en algunos casos pueden dar lugar a contradicciones y por otro llevar a la estructuración de lo que podríamos llamar "darwinismos locales", en tanto un autor que defiende la selección natural y el papel del azar en la evolución puede ser reconocido como darwinista y al mismo tiempo tener una serie de ideas originales respecto a otras cuestiones. Esta reelaboración o modificación del darwinismo ha ocurrido tanto con los darwinistas contemporáneos de Darwin como con los actuales.

Variación

Darwin admite su desconocimiento de las leyes que controlan la herencia, pero está claro que la selección natural sólo puede actuar si hay gran variabilidad entre los individuos de una especie. Afirma que a menos que un individuo –basta con uno solo– de la progenie herede variaciones provechosas, nada puede hacer la selección. Reconoce que hay dos formas de variación: la variación individual, es decir, la variación pequeña, gradual, y lo que denominó "sports" o variaciones bruscas. Respecto a las causas de la variación aceptó tres: la acción directa del medio, el uso y desuso de los órganos y la variación espontánea. Como resultado de las dos primeras se producen, necesariamente, caracteres adaptativos, pues son resultado de la acomodación del organismo a su ambiente. Estas variaciones adaptativas pueden ser apoyadas por la selección natural, pero sólo las variaciones espontáneas, que surgen sin una relación directa con los requerimientos del organismo, serán objeto de la acción de la selección natural.

Darwin plantea la diferencia entre la explicación del azar como resultado de la ignorancia y el verdadero azar. En el primer caso se encuentran las causas de la variación; al desconocer las causas de un fenómeno, con frecuencia se dice que es al azar. En *El origen* señala:

> Hasta aquí he hablado como si las variaciones tan comunes y multiformes en los seres orgánicos en estado de domesticidad y que en menor grado se presentan en los que se hallan en estado natural -afirmando que algunas veces se deben al azar. Esto, por supuesto, es una expresión completamente incorrecta, pero sirve para reconocer nuestra absoluta ignorancia de la causa de cada variación particular.[27]

Es decir, entre las causas de la variación no es que haya azar sino que ni Darwin ni sus contemporáneos conocían sus causas. El azar se presenta realmente en la relación de una variación y el ambiente donde ocurre. Una misma modificación en un ambiente puede ser positiva, en otro negativa, y en un tercero neutra.

Lucha por la existencia

Este concepto es importante pues Darwin fue muy criticado por quienes interpre-

[27] Darwin, Ch., *El origen*..., p. 131.

taron la lucha por la existencia en un sentido literal. En México, tal concepto provocó el rechazo de algunos positivistas que entendieron que esta noción justificaba lo que ellos acababan de pasar y contra lo que ahora peleaban: la guerra civil y las invasiones. Por ello su divisa de libertad, orden y progreso. Igualmente provocó la discrepancia de los socialistas que pensaban que era la cooperación y no la competencia la relación que permitiría el progreso.

La explicación de lo que Darwin entiende como "lucha por la existencia" es desarrollada, sobre todo, en el tercer capítulo de *El origen...*. Darwin argumenta que en todas las especies hay sobreproducción de descendencia que conjuntamente con una evidente limitación de los recursos provoca la lucha por la existencia. Darwin refiere los argumentos de Malthus afirmando que los organismos tienden a incrementar su número en una tasa geométrica, mientras los recursos sólo aumentan en tasa aritmética.

A pesar de la interpretación de la lucha por la existencia como una lucha cuerpo a cuerpo, en dicho concepto Darwin engloba todas las relaciones negativas y positivas entre los seres vivos y entre éstos y el ambiente físico. Se trata de un concepto plenamente ecológico que incluye el impacto de todas las relaciones posibles por ejemplo competencia intra e interespecífica, depredación, parasitismo, acción del clima, etc., en la eficacia reproductiva.

El siguiente párrafo es clave en la comprensión de la noción darwiniana de lucha por la existencia:

> Una lucha por la existencia es consecuencia inevitable de la alta tasa a la cual todos los organismos tienden a incrementarse. Todo ser, que durante su periodo natural de vida produce varios huevos o semillas, debe sufrir destrucción durante algún periodo de su vida, durante alguna estación o en un año ocasional, de otra manera bajo el principio del incremento geométrico, sus números podrían ser tan desordenadamente grandes que ningún territorio podría sostenerlos. Por ello, en tanto se producen más individuos de los que es posible que sobrevivan, debe haber en todos los casos una lucha por la existencia, sea de un individuo contra otro de la misma especie, o contra los individuos de distintas especies, o con las condiciones de existencia. Es la doctrina de Malthus aplicada con mayor fuerza a los reinos animal y vegetal; porque en estos casos no puede haber aumento de incremento artificial de alimento, ni prudentes restricciones al matrimonio. Aunque algunas especies puedan ahora incrementarse, más o menos rápido, no lo pueden hacer todas, porque el mundo no puede resistirlo.[28]

En un párrafo previo, Darwin señala que utiliza el concepto de lucha por la existencia en un sentido metafórico, que abarca la dependencia de un ser por otro, la lucha de una planta contra la sequía, y "que incluye, lo que es más importante, no sólo la sobrevivencia del individuo sino el éxito

[28] *Ibidem*, p. 63.

en dejar progenie".[29] Más adelante Darwin precisa que aunque todas las relaciones son importantes, en particular las bióticas, es la competencia, en especial la que tiene lugar entre especies del mismo género, variedades de la misma especie y la intraespecífica, la que provoca la pugna más severa, pues los organismos con los mencionados grados de afinidad taxonómica normalmente tienen las mismas necesidades.[30]

La noción de lucha por la existencia es de fundamental importancia para entender las concepciones ecológicas de Darwin, pues aquí analiza la forma en que el crecimiento o decrecimiento de una población afecta el aumento o disminución de otras especies.[31] En *El origen de las especies* Darwin está ya muy lejos de la noción de Linneo de balance estático en la naturaleza.

Divergencia de carácter

La divergencia de caracteres favorece el aumento de la diversidad biológica debido a la especialización en la explotación de un nicho en la economía de la naturaleza. Su argumento es que mientras más diferenciada –respecto a otras especies– sea la estructura, la constitución y los hábitos de la descendencia de cualquier especie, tendrá mayor capacidad de acomodarse en los diversos lugares en la economía de la naturaleza. Esto implica una cierta especialización en la explotación de los diferentes nichos y a la vez el no entrar en competencia con otra especie. Esto favorecerá a ambas y las dos podrán incrementar su número con mayor facilidad. Darwin considera dicho proceso de especialización como análogo de la división del trabajo fisiológico propuesta por Milne Edwards. De manera similar al mejor aprovechamiento de la energía que logra un sistema digestivo especializado en la digestión de un solo alimento, carne en el caso de los carnívoros, la especialización en el trabajo ecológico permite un aprovechamiento mejor de los recursos. Gracias a que la selección natural favorece este proceso, la diferencia entre variedades de una misma especie se agranda. Así, se propicia el aumento en la diversidad de especies, gracias a la acción combinada de la producción de variaciones y la selección natural.

Darwin elaboró un ejemplo imaginario para explicar por qué la selección natural favorece la divergencia de caracteres. Es el caso de un cuadrúpedo carnívoro cuyo número ha alcanzado el máximo que puede ser tolerado en una región. Darwin se preguntó qué pasaría si la capacidad reproductiva de la especie tuviera todas las posibilidades de desarrollo en ese territorio y el área no presentara ningún cambio estructural. En tales condiciones, se respondió:

> La única posibilidad de un mayor crecimiento del tamaño de la población es que sus descendientes hubieran presentado modificaciones que les permitieran el acomodo en lugares de la economía natural en ese momento ocupadas por otros animales: algunos de ellos, por ejemplo, siendo capaces de alimentarse de nuevos tipos

[29] *Ibidem*, p. 62.
[30] *Ibidem*, p. 76.
[31] *Ibidem*, p. 74 y ss.

> de presas, sean vivas o muertas; algunos habitando en sitios nuevos, trepando en árboles, frecuentando el agua, y algunos posiblemente convirtiéndose en menos carnívoros. Entre más diversificados sean los hábitos y la estructura de los descendientes de nuestro carnívoro, más serán los lugares que pueden ocupar.[32]

La divergencia de caracteres permite la evasión de la competencia al posibilitar la explotación de recursos diferentes o en diferente momento. Por ejemplo, más recientemente se han realizado importantes estudios al respecto,[33] y se ha encontrado cómo diferentes especies de aves se han especializado en la depredación de insectos que habitan a diferentes alturas de los árboles o que tienen hábitos diurnos o nocturnos.

Este principio tiene gran importancia para la evolución pues propicia la preservación de caracteres con un valor adaptativo equivalente. Por ello, Darwin lo considera como un proceso complementario a la selección natural; puede decirse que en tanto dos caracteres facultan a sus portadores de forma similar en la explotación diferenciada del nicho no puede afirmarse que uno sea más favorable que el otro; por lo tanto, pueden permanecer ambos, lo cual promueve el aumento de la diversidad.

[32] Darwin, Ch., *El origen...*, p. 113.

[33] Los más conocidos son los de Lack de 1947 y el de Grant y Grant, de 1979. Lack, D., 1947, *The Darwin's Finches,* Cambridge University Press, Cambridge; Grant, B.R. y P.R. Grant, 1979, "Darwin's Finches: Population Variation and Sympatric Speciation", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, EU, 76: 2359-2363.

Especiación

En el capítulo IV de *El origen...*, en el que expone el núcleo de la teoría, Darwin explica el proceso por el cual se producen las nuevas especies, es decir, desarrolla su teoría de la especiación. El término de especiación actualmente se refiere a la multiplicación de especies a partir de una especie progenitora.

Un requisito indispensable para que se formen dos o más especies a partir de una es la separación de dos o más poblaciones para la reproducción, Darwin estaba convencido de que éste era un problema explicable por su teoría y planteó dos formas por las que se puede lograr la separación para la reproducción: la primera por aislamiento geográfico y la segunda por aislamiento en un mismo ambiente por preferencias de tipo ecológico.

En una primera etapa de su concepción evolucionista, Darwin cree que el aislamiento geográfico es indispensable para la especiación. Considera que la formación de especies en estas condiciones es muy eficaz, dado que la separación para la reproducción se consigue inmediatamente. Sin embargo, se plantea dos problemas: primero, que las poblaciones en islas a menudo son más pequeñas que en continentes, por lo que la cantidad de variación no será muy grande; segundo, que en poblaciones pequeñas el efecto de la mezcla de los caracteres hereditarios[34] provocaría una disminución

[34] Hasta antes del redescubrimiento de las leyes de Mendel los biólogos sostenían que el material hereditario proveniente de ambos progenitores se mezcla. Dicha mezcla provocaría una tendencia a

notable en la variabilidad sobre la que actuaría la selección natural:

> si un territorio aislado es muy pequeño, ya por estar rodeado de barreras, ya porque tenga condiciones físicas muy peculiares, el número total de sus habitantes será pequeño, y esto retardará la producción de nuevas especies por selección natural, ya que disminuyen las probabilidades de que aparezcan variaciones favorables.[35]

La forma en que ambos problemas pueden minimizarse es la especiación en áreas muy grandes donde la separación para la reproducción se logre por medios distintos a la separación geográfica.

Por otra parte, en un territorio grande las condiciones estructurales y biológicas serán mucho más complejas, lo que permitirá mayor variabilidad ambiental: en un territorio extenso y abierto no solamente habrá más probabilidades de que surjan variaciones favorables entre el gran número de individuos de la misma especie que lo habitan, sino que también las condiciones de vida son mucho más complejas, a causa del gran número de especies ya existentes, y si alguna de éstas se modifica y se mejora, otras tendrán también que hacerlo en la medida correspondiente, o serán exterminadas.

> Cada nueva forma [...] entrará en competencia con muchas otras. De esta manera se formarán nuevos lugares y la competencia por llenados será más dura en un área grande que en una pequeña y aislada.[36]

Los medios por los que se puede lograr que dos poblaciones no se crucen –hoy, mecanismos de aislamiento reproductivo (MAR), y para Darwin mecanismos de adquisición de la esterilidad– eran, según Darwin, debidos a condiciones ambientales o a caracteres conductuales que a la larga produzcen las barreras de esterilidad entre las nuevas especies surgidas:

> en un mismo territorio, dos variedades del mismo animal pueden permanecer distintas mucho tiempo por no frecuentar los mismos lugares, por criar en épocas algo diferentes o porque los individuos de cada variedad prefieran unirse entre sí.[37]

En 1841 (cuando Darwin tenía ya su teoría pero todavía no la hacía pública), Moritz Wagner publicó las observaciones de sus viajes por Asia, África y América; durante éstos descubrió que casi invariablemente las especies cercanas ocupaban áreas adyacentes, separadas de otras por ríos, montañas, valles o por alguna barrera a su dispersión. Sus observaciones lo llevaron a sostener que la única forma en que se pueden formar dos especies a partir de una es por aislamiento geográfico.

---

la homogenización de los caracteres, por lo tanto una disminución en la variabilidad.

[35] Darwin, Ch., *El origen...*, p. 105.

[36] *Ibidem*.

[37] *Ibidem*, p. 103.

Como hemos visto, la cuestión de la cantidad de variación, materia prima para la acción de la selección natural, lleva a Darwin a buscar otros medios por los que puede lograrse el aislamiento reproductivo; con base en éstos considera que la separación geográfica no es indispensable para la multiplicación de especies.

Extinción

A pesar de que innumerables críticos señalaron a Darwin que el registro fósil era evidencia en contra de su teoría, por no indicar gradualidad, para Darwin una de las pruebas principales de la evolución fue precisamente el registro fósil, en especial por las afinidades mutuas de las especies vivientes y extintas. Respecto a su clasificación, las especies extintas pueden organizarse todas dentro de los grupos todavía existentes o en los intervalos entre ellos y este hecho, que puede explicarse por el principio de la descendencia. Las formas orgánicas extintas, afirma, ayudan a llenar los intervalos que existen entre géneros, familias y órdenes vivientes.

Como sabemos, Darwin defiende la gradualidad estricta y, por lo tanto, rechaza la posibilidad de que las especies puedan aparecer por salto. En contra del catastrofismo, señala que es debido a la ignorancia de las causas de la extinción que se atribuye a cataclismos. Para Darwin, la extinción como el origen de las especies es resultado, fundamentalmente, de la acción de la selección natural. La teoría de la selección natural se funda en la creencia de que cada nueva variedad, y, finalmente, cada nueva especie, está producida y mantenida por tener alguna ventaja sobre aquellas con quienes entra en competencia, y de que casi inevitablemente sigue la extinción consiguiente de las formas menos favorecidas. Los estudios paleontológicos claramente muestran el papel importante que ha desempeñado la extinción en la historia de la vida, en virtud de que la aparición de formas nuevas y la desaparición de formas viejas, tanto las producidas naturalmente como las producidas artificialmente, están ligadas entre sí. En las formaciones terciarias más recientes, señala Darwin, se puede observar que la rareza de las especies precede a su extinción, y éste ha sido el curso de los acontecimientos en aquellos animales que han sido exterminados, local o totalmente, por la acción del hombre. Por ello, considera que admitir que las especies generalmente se hacen raras antes de extinguirse y no encontrar sorprendente la rareza de una especie, y, sin embargo, maravillarse cuando la especie cesa de existir, es casi lo mismo que admitir que la enfermedad en el individuo es la precursora de la muerte y no encontrar sorprendente la enfermedad.

A la crítica permanente, que proviene tanto de parte de la tradición creacionista como de los evolucionistas, sobre la ausencia de formas intermedias en el registro fósil, Darwin reconoce que las investigaciones geológicas no han revelado la existencia anterior de gradaciones infinitamente numerosas, tan delicadas como las variedades actuales, que enlacen casi todas las especies actuales y extintas. Sin embargo, reflexiona que se puede esperar encontrar en las formaciones geológicas un número infinito de

aquellas sutiles formas de transición que, según la teoría de la selección natural, han reunido todas las especies pasadas y presentes del grupo en una larga y ramificada cadena de vida. El problema es que pueden encontrarse algunos eslabones, unos más distantes, otros más próximos, pero si se encuentran en pisos diferentes de la misma formación, serán considerados por muchos paleontólogos como especies distintas. Explica que el tipo de registro fósil que encontramos es resultado de la acción de la selección natural. En su opinión, en los lugares completamente poblados la selección natural favorece a las variedades o especies que tienen alguna ventaja en la lucha por la vida sobre otras formas. Por esta razón habrá una tendencia constante en los descendientes perfeccionados de una especie cualquiera a suplantar y exterminar en cada generación a sus precursores y a su tronco primitivo: todas las formas intermedias entre el estado primitivo y los más recientes, esto es, entre los estados menos perfeccionados y los más perfeccionados de la misma especie, así como también la especie madre primitiva, tenderán, en general, a extinguirse.

Progreso

En el darwinismo hay un rechazo explícito a la existencia de "tendencias al progreso". Sobre este punto, Darwin señala que a pesar de que la extinción de especies y de grupos enteros de especies es consecuencia casi inevitable del principio de la selección natural, pues formas anteriores son suplantadas por otras nuevas y mejoradas, no puede hablarse de una línea general sino de los avances en la solución de problemas planteados por el ambiente en un tiempo y un espacio determinados a los diferentes grupos de organismos.[38] De hecho, lo "mejor" en un tiempo y espacio dado puede tener un grado menor de organización que una forma previa; pensemos, por ejemplo, en parásitos que han perdido órganos como en el caso de los céstodos, y que esto les ha permitido mejorar su adecuación. Esto se debe, señala Darwin, a que aun cuando la organización en general puede haber avanzado y está todavía avanzando en todo el mundo, la escala presentará siempre muchos grados de perfección, pues el gran progreso de ciertas clases enteras o de determinados miembros de cada clase, no conduce en modo alguno necesariamente a la extinción de los grupos con los cuales aquéllos no entran en competencia directa. Hay dos argumentos centrales en la oposición a la idea de progreso en evolución. Por una parte, la selección natural sólo puede actuar favoreciendo la sobrevivencia y la reproducción de los organismos o especies en un momento dado no a largo plazo, esto es, aunque la selección actúa favoreciendo la mejora adaptativa no puede prever lo que ocurrirá en generaciones sucesivas. Por otra parte, hay múltiples eventos que tienen un papel tan importante como la selección natural en

[38] Véase, Ayala, F. J. y Dobzhansky, T., eds. (1974), *Studies in the Philosophy of Biology,* MacMillan, Londres, y University of California Press, así como Ayala, F. J. (1977), en Dobzhansky, Ayala, Stebbins, *Evolution,* capítulo 16, W. H. Freeman, San Francisco.

el proceso evolutivo que no dependen de la selección natural, eventos que ocurren sin ninguna dirección y que son más bien estocásticos, eventos que por azar pueden o no favorecer la sobrevivencia y reproducción de un organismo.

En términos de Darwin, no hay tendencia al progreso pues cada formación no señala un acto nuevo y completo de creación, sino sólo una escena incidental, tomada casi al azar, de un drama que va cambiando siempre con lentitud. Los argumentos en contra de la idea de un progreso en general muestran, también, la imposibilidad de reaparición de una especie extinta. Una especie, una vez perdida, no tiene exactamente las mismas condiciones orgánicas e inorgánicas de vida, pues aun cuando la descendencia de una especie podría adaptarse a llenar el lugar de otra en la economía de la naturaleza, suplantándola de este modo, las dos formas (la antigua y la nueva) no serían idénticamente iguales, y ambas heredarían, casi seguramente, caracteres diferentes de sus distintos antepasados, y organismos diferentes tendrían que variar de un modo diferente.

REFERENCIAS

Ayala, F. J. y Dobzhansky, T. (eds.), *Studies in the Philosophy of Biology*, Londres, MacMillan/University of California Press, 1974.

Ayala, F. J. y Dobzhansky, Stebbins, "Evolution", capítulo 16, San Francisco, W. H. Freeman, 1977.

Bowler, P. y Charles Darwin, *The Man and his Influence*, Cambridge, Mass., Basil, Blackwell, 1990.

Darwin, C. [1839], *Journal of Researches into the Geology and Natural History on the Various Countries Visited by H.M.S. Beagle*, Ward, Lock and Bowden, 1894.

——— [1859], *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, Of the Preservation of Favored Races in the Struggle of Life*. Impresión facsímil de la primera edición, con introducción de Ernst Mayr, Cambridge, Harvard, 1964.

———, *Notebooks on Transmutation of Species*, Barret, P. H. *et al*. (eds.), EU, Cornell University, 1987.

Darwin, F. y A. Seward (eds.), *More Letters of Charles Darwin*, Londres, Murray and Sons, 1903.

Ghiselin, M. T., *The Triumph of the Darwinian Method*, Berkeley, University of California Press, 1969.

Grant, B. R. y P. R. Grant, "Darwin's Finches: Population Variation and Sympatric Speciation", *Froc At Acad Sci*, 1979(76): 2359-2363.

Herbert, S., "Darwin, Malthus and Selection", en *J Hist Bio*, 4:209-217.

Hodge, M. J. S. [1971], "The Development of Darwin's General Biological Theorizing", en Bendall, D. S. (ed.), *Evolution from Molecules to men*, Cambridge, University Press, Londres/Nueva York, 1983, pp. 43-62.

Hodge, M. J. S. y D. Kohn, "The Immediate Origins of Natural Selection", en Kohn, D. (ed.), *The Darwinian Heritage*, Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press, 1985.

Kohn, D., "Theories to Work by: Rejected Theories, Reproduction and Darwin Path to Natural Selection", *Studies Hist Biol,* 4(1980):67-170.

Lack, D., *The Darwin's Finches*, Cambridge, Cambridge University Press, 1947.

Laudan, L., *Progress and its Problems, Towards a Theory of Scientific Growth*, EU, University of California Press, 1977.

———, *Beyond Positivism and Relativism, Theory, Method, and Evidence*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

Limoges, C., *La selección natural*, México, Siglo XXI, 1976.

Malthus, T. R., *An Essay on the Principle of Population*, Londres, 1798 (edición en español: *Primer ensayo sobre la población*, España, Sarpe, 1983).

Ospovat, D., "Darwin after Malthus", en *Hist Biol,* 1979;12:211-223.

Ruse, M., *La revolución darwinista*, Madrid, Alianza Editorial, Madrid, 1979.

Schipman, P., *The Evolution of Racism*, Nueva York, Simon and Schuster, 1994.

Schweber, S. S., "The Origin of The Origin Revisited", en *Hist Biol*, 1977;10:229-316.

Simpson, G. G., "Darwin and the Political Economists: Divergence of Character", en *Hist Biol,* 1980;13:195-289.

Spencer, H., *Social Statics: Or the Conditions Essential to Human Happiness Specified, and the First o/ them Developed*, Londres, J. Chapman, 1851a.

——— [1851b], "The Development Hypothesis", reimpreso en *Essays*, vol. 1, 1983, pp. 381-383.

CAPÍTULO 15

DARWIN: ENTRE PALEY Y DEMÓCRITO

GUSTAVO CAPONI

> Darwin made it possible for us to see nature simultaneously with the eyes of a child and of a philosopher.
>
> JOHN MAYNARD SMITH

RESUMEN

Tras una breve revisión histórica sobre el desarrollo, a partir del siglo XIX hasta nuestros días, del problema del posible carácter teleológico de la explicación darwinista de la adaptación, nos planteamos nosotros mismos la cuestión teniendo como punto de partida la posición que Robert Brandon ha tomado sobre este tema. Con todo, yendo más allá de las tesis propuestas por este autor, y aproximándonos a las de Daniel Dennett, sostenemos que la explicación seleccional presenta una estructura que nos permite considerarla como más semejante a la explicación intencional que a la explicación causal propia de la física.

PRESENTACIÓN

Casi coincidiendo en su punto de partida con la teología natural que encontramos en Paley (1996[1805]) e incluso en Linneo (1972[1760]), el argumento presentado en el *Origen de las especies* se basa en la presunción de que el mundo orgánico puede y debe ser comprendido en función de las adaptaciones que allí se manifiestan pero sin que para ello sea necesario apelar a la idea de un artífice supremo (Campbell, 1983, pp. 192-193; Ruse, 1983, p. 233; Gould, 1983, p. 115; Coleman, 1985, p. 104; Mayr, 1998c, p. 128). Por eso, aun cuando es cierto que para atribuir ese diseño a la selección natural era necesario primero socavar la presunción, clave para la teología natural, de que esas adaptaciones fuesen perfectas (Darwin, 1859, p. 450; Gould, 1983, p. 99; Cronin, 1993, p. 25; Williams, 1996, p. 16), podemos todavía convenir con Niles Eldredge (1995, p. 184) en que si existen dos cosas que no se discuten entre los evolucionistas son la idea de que "hay diseño en la naturaleza" y la tesis de que es "la selección natural la que efectúa ese estrecho calce (*fit*) entre los organismos y el ambiente". Al ser esto es tan válido para el "darwinismo heroico" del siglo XIX como para el actual.

Pero si el delineamiento de una estrategia posible para explicar la adaptación bio-

lógica sin apelar a la teología del artífice supremo constituye, sin duda, el aspecto más significativo de la revolución darwiniana, no por eso deja de ser uno de los más controvertidos, y esto sin la presencia, incluso, de cualquier cuestión religiosa o metafísica. En efecto, desde la publicación del *Origen de las especies* se ha discutido (Grene, 1999, p. 11; Hull, 1973, p. 60), y se continúa discutiendo, hasta qué punto esa estrategia de explicación supone o no, ella misma, una perspectiva teleológica. Según algunos autores, el darwinismo propondría una explicación mecánica semejante a las de la física; pero, para otros, esa explicación, aun siendo distinta de la teológica, sería diferente de aquellas que desde Galileo en adelante buscamos para todo fenómeno natural (Von Wright, 1980, p. 17 y ss.). ¿Es la darwinista una explicación mecánica o constituye algún tipo peculiar de explicación teleológica? He ahí una cuestión cuya formulación es, con certeza, mucho más simple que su planteamiento, y he ahí, por fin, el recurrente y transitado tópico que nos ocupará en este trabajo.

No se trata, claro, de discutir el carácter orientado de la evolución. La selección natural, además de no ser un proceso progresivo en donde las formas globalmente más perfectas sustituyan a las globalmente menos perfectas, es también incompatible con la idea de una evolución preordenada (Jacob, 1979, p. 161 y ss; Gould, 1991, p. 299 y ss.). En su permanente y zigzagueante búsqueda de óptimos locales (Elster, 1989, p. 17 y ss.), el oportunismo ciego, o por lo menos miope, de la selección natural, además de desabonar cualquier idea de una meta trascendente para la evolución, como podría serlo el punto omega de Theilard de Chardin (1955), también supone la ausencia de cualquier dirección pautada por leyes como las que en contra del darwinismo postulaban los defensores de las teorías ortogenéticas (por ejemplo, Rutkiewicz, 1933, p. 39 y ss.; Crusafont Pairó, 1967, p. 125 y ss.; Grassé, 1979, p. 137 y ss.).

El darwinismo, digámoslo desde el inicio, no es un evolucionismo; y esto implica tanto una ruptura con la presunción de que la evolución estaría llamada a realizar un plan o alcanzar una meta como con la sospecha de que la evolución estaría pautada por leyes o fuerzas, vitales o mecánicas, que la impulsarían en alguna dirección en particular o le imprimirían alguna tendencia definida. Todas esas ideas, lo sabemos, forman parte de la heterogénea galería de las teorías alternativas al darwinismo (Bowler, 1989, p. 268, 1985, p. 161; Mayr, 1983, p. 107), y no es nuestra intención discutir aquí qué es lo que podría haber en común, que en nuestra opinión es muy poco, entre éste y aquéllas.[1] Lo que está aquí en juego es algo distinto: se trata, como lo acabamos de decir, de discutir hasta qué punto y con qué consideraciones la explicación de la adaptación local de las formas

[1] Sobre esta cuestión cabe recurrir al libro de Wagensberg y Agustí (1998). En el mismo se incluyen trabajos de Michael Ruse, David Hull y de otros autores dispuestos a rediscutir y aclarar el lugar que la noción de progreso y las posibles tendencias o direcciones de la evolución pueden llegar a tener dentro de la biología actual.

orgánicas que se deriva de la teoría de la selección natural puede, o no, ser considerada como una explicación diferente de las explicaciones físicas y en algún sentido como una explicación teleológica.

Así, yendo un poco más lejos de lo que fueron autores como Brandon (1999, p. 383), Sober (1993a, p. 82), Lennox (1993, p. 409) o Ayala (1999, p. 3), no sólo sostendremos una respuesta afirmativa para esta cuestión, sino que incluso intentaremos mostrar que existe un estrecho, pero legítimo, isomorfismo entre la explicación intencional de la acción y la explicación seleccional de la adaptación. Esta aproximación entre ambos modelos explicativos provee, creemos, un subsidio y cierta claridad adcional a la tesis de Dennett (1991, p. 230; 1995, p. 187; 2000, p. 342), según la cual la principal contribución de Darwin sería la de habernos mostrado un modo no teológico de aplicar la perspectiva intencional en el estudio de las estructuras orgánicas.

ENTRE EL AZAR Y LA PROVIDENCIA

Recordemos, sin embargo, que si bien es cierto que hoy esa discusión debe tramitarse básicamente en el plano metacientífico, sin implicar necesariamente un cuestionamiento del darwinismo (cfr. Krieger, 1998; Lennox, 1994), en el pasado las cosas no eran así: la presencia o ausencia de un elemento teleológico en la teoría de la selección natural era considerado un aspecto crucial para su evaluación como explicación científica (Lennox, 1993, p. 416). Así, mientras algunos autores, como Ernst Haeckel (1919, p. 12, 1898, p. 9) y Fritz Müller (1990 [1863], p. 26) saludaban a Darwin como siendo el Newton de la brizna de hierba que, contradiciendo a Kant, había liberado a la ciencia natural de todo residuo de teleología (cfr. Cassirer, 1948a, p. 200); otros, como Rudolf von Kölliker (1864), impugnaban su teoría por considerar que, pese a su retórica naturalista, la misma no dejaba de apelar, de cierta forma, a causas finales. Esta continuó siendo la posición de muchos biólogos experimentales hasta bien entrado el siglo xx. Tal era el caso de Dastre (1906, p. 50) en 1902; pero también el de Erik Nordenskiöld (1949, p. 543) en 1929 (cfr. Cronin, 1993, p. 50) y el del propio Morgan en 1930 (cfr. Mayr, 1998c, p. 93).

Existían, sin embargo, críticas en sentido contrario: influyentes filósofos como los británicos John Herschel (1861, p. 12n) y William Whewell (cfr. Ruse, 1983, p. 310) o como el francés Pierre Janet (1882, p. 364), pero también naturalistas como Adam Sedgwick (1860), von Baer (1873) o Louiz Agassiz, St. George J. Mivart y William Carpenter (cfr. Bowler, 1985, p. 60 y ss; Lenoir, 1989, p. 270 y ss.) insistieron en la idea de que la negación de toda causa final inhibía al darwinismo de darnos una explicación plausible de la adaptación biológica. Y si bien es cierto que este último contingente de objeciones en general estaba asociado a posiciones teológicas o metafísicas, no por eso las mismas dejaron de tener eco en toda la comunidad científica. El neolamarckismo puramente naturalista de

finales del siglo XIX e inicios del XX estuvo, en cierto modo, motivado por esa aparente incapacidad del darwinismo que aquellos autores denunciaban (Bowler, 1989, p. 227; Buican, 1984, p. 137 y ss.).

Pero algo semejante también puede decirse de ciertos biólogos franceses como Lucien Cuenot (1941, p. 6), Jean Rostand (1951, p. 202) y, más tardíamente, Pierre Grassé (1977, p. 210), que sin ser definitivamente lamarckianos siempre supieron, aun bien entrado el siglo XX, mostrarse insatisfechos con la explicación (neo)darwinista de la adaptación (Boesinger, 1998, p. 316; Limoges, 1980, p. 323). Aun en los países anglófonos, el enigma de la perfección, el viejo problema del ojo, continuó y continúa siendo de Koestler (1969, p. 3) a Denton (1988, p. 352), pasando por Gordon Rattray Taylor (1983, p. 94), uno de los tópicos más socorridos y transitados por aquellos que, en un gesto que recuerda a los ufólogos, gustan de denunciar una suerte de conspiración darwinista que acallaría y ocultaría todas las dificultades y anomalías a las que la teoría de la selección natural no podría responder.

Se puede decir, así, que el darwinismo ha tenido que enfrentar y, definitivamente, responder críticas hechas desde dos flancos cuyas posiciones a su vez son mutuamente contradictorias (Cronin, 1993, p. 19). Algunos, desconsiderando o minimizando el papel y el poder de la selección natural, impugnaron al darwinismo por supuestamente pretender explicar la adaptación sólo con base en el azar, y otros por ir más allá de ese azar, encubiertamente apelando a alguna suerte de designio o intencionalidad. El primer grupo, como apunta Helena Cronin (1993, p. 20), argumentaba "que la conclusión del darvinismo (la complejidad adaptativa) no se seguía de sus premisas"; y el segundo, como continúa la misma autora, argumentaba que efectivamente lo hacía "pero sólo porque el diseñador había sido contrabandeado por la puerta trasera".

Dos líneas de crítica que comparten una misma falacia: la presunción de que entre Demócrito y Paley, entre el ciego azar y el diseño deliberado, no existe una tercera alternativa (Cronin, 1993, p. 20; Hull, 1973, p. 60); dos tipos de objeciones que, pese a la contradicción que existe entre las posiciones en las que se afirman, no dejan de guardar cierta solidaridad y complementariedad entre sí: los primeros, por decirlo de algún modo, son los críticos del cómo podría el darwinismo explicar que... (donde después se sigue la descripción de alguna maravilla de la naturaleza), y los segundos son aquellos que, cuando la respuesta es formulada o simplemente sugerida, la misma les parece siempre demasiado fácil, ingenua, antropomórfica o especulativa.

Pero si es cierto que "se ha acusado a Darwin de ser teleologista y al mismo tiempo de no serlo" (Grene, 1999, p. 11) es importante reconocer también que ese conflicto, entre una interpretación mecanicista del darwinismo y otra que tiende al reconocimiento y a la vindicación de un elemento teleológico en la teoría de la selección natural, no ha sido ajeno al propio campo darwiniano. Algunos autores, siguiendo en eso a Haeckel, celebran el supuesto carácter mecánico de la explicación darwinista.

Otros, en cambio, se aproximan en cierto modo a Thomas Huxley (1894, p. 83) y, según Francis Darwin (1892, p. 308), también a su padre cuando reivindican una cierta teleología *sui generis* que el darwinismo nos pondría en condiciones de considerar (cfr. Smith, 1977, p. 339; Gilson, 1976, pp. 194-6; Lennox, 1993, p. 409). Así como Rosemberg (1985, pp. 45-6) ha observado, la teoría de la selección natural ha servido tanto para mostrar la posibilidad de prescindir de toda teleología en biología como para mostrar su legitimidad.

De acuerdo la primera perspectiva, el argumento de Darwin sería "uno de los puntos culminantes en la historia del mecanicismo biológico", porque al explicar la evolución "por la ciega necesidad de las leyes físicas reduce de un modo impecable la causalidad teleológica a causalidad mecánica" (Garrido, 1973, p. 159) y nos permite, como afirma François Jacob (1974, p. 22), "reemplazar la intención, el designio que parece guiar la evolución del mundo viviente, por un sistema de causalidad física". Así, "uno de los grandes méritos de Darwin", diría Julian Huxley (1965 [1943], p. 393) contradiciendo a su abuelo Thomas, sería haber mostrado que "la finalidad de la estructura y función orgánica es tan sólo aparente" y que "la teleología de la adaptación es una pseudoteleología que puede explicarse por verdaderos principios mecanicistas, sin la intervención de un propósito consciente o subconsciente por parte del organismo o por parte de algún poder exterior".

Aunque, si preferimos las palabras un poco más prudentes de Popper (1974, p. 245), podemos simplemente decir que, desde este punto de vista, el mérito del darwinismo consistiría en haber mostrado que "en principio era posible reducir la teleología a la causación mediante la explicación, en términos puramente físicos, de la existencia en el mundo de planes y propósitos". Pero, de un modo u otro, parecería que por la mediación de la teoría de la selección natural el problema del diseño de las formas vivas quedaba resuelto "en unos términos que Demócrito y Descartes hubieran admitido" (Smith, 1977, p. 320).

En contrapartida, para los defensores de la segunda perspectiva, la principal contribución de Darwin no habría consistido en excluir la finalidad de la biología, sino en mostrar cómo ésta puede ser analizada dentro de una perspectiva científica (Montalenti, 1983, p. 33; Lennox, 1993, p. 418; Martínez, 1998, p. 37). Allí donde sólo parecía caber una reflexión teológica, Darwin nos habría mostrado la forma y la posibilidad de un nuevo dominio de indagación científica: una nueva forma de preguntar "¿por qué?" y una nueva forma de responder a esas preguntas que, claro, era diferente de todas las conocidas (Dennett, 1995, p. 25). Pero si en el siglo XIX esta perspectiva fue sugerida por Thomas Huxley y Francis Darwin (1892, p. 308n), para aclarar el modo en que la teoría de la descendencia con modificaciones se situaba frente al conflicto entre biólogos morfologistas y biólogos funcionalistas que E.S. Russell (1916, p. 78) analizó en *Form and Function* (cfr. Ruse, 1983, p. 234; Cassirer, 1948a, p. 205), en el siglo XX, la misma reaparece como tó-

pico de filosofía de la ciencia. Lo que se discute no es lo satisfactorio o la suficiencia de la teoría sino su carácter o su forma.

En lo que atañe a esto, no se puede menos que reconocer un papel pionero a Ernst Cassirer (1948a, pp. 203-204), para quien el darwinismo efectivamente había permitido resolver un problema pendiente desde la tercera crítica: el de determinar "si la categoría de lo teleológico podía mantener su lugar en la descripción y en la exposición científica de los fenómenos de la vida como verdadero principio de ordenación o si carecía ya de razón de ser y debía, por tanto, prescindirse de él para siempre". Pero, en su opinión, el darwinismo no da a esa cuestión la respuesta que Haeckel y tantos otros le atribuían. Desde su perspectiva, al estar "inseparablemente unidos" no sólo "al planteamiento mismo del problema de la teoría darwinista", sino también a las "soluciones concretas que (ésta) aporta", los "conceptos de fin ocupan un lugar fijo en ella y se revelan, no ya como admisibles, sino, sencillamente, como indispensables".

Por lo demás, y como con toda razón también Cassirer (1948a, p. 204) observaba, ninguna teoría científica anterior sobre lo viviente, ni siquiera la de Lamarck, "ha atribuido al concepto de fin tanta importancia ni ha hecho tanto hincapié en él como el darwinismo". Éste "enfoca desde el punto de vista de su conservación, no algunos, sino sencillamente todos los fenómenos de la vida". De hecho podemos agregar nosotros la tan citada afirmación de Dobzhansky (1973, p. 125) según la cual "nada en biología tiene sentido si no es considerado a la luz de la evolución"; en la práctica y en su espíritu no significa otra cosa que en última instancia nada en biología tiene sentido si no es considerado a la luz de la selección natural. Es decir, en función de las presiones selectivas que en algún momento operaron sobre una población o sobre los ancestros de la misma. Pues era en eso que Darwin (1859, p. 200) pensaba cuando en *El origen de las especies* nos decía:

> cada detalle de estructura de toda criatura viviente [...] puede considerarse de utilidad especial para alguna forma ancestral o de utilidad especial en la actualidad para los descendientes de dicha forma, sea directa o bien indirectamente, a través de las complejas leyes del crecimiento.

Con todo, y en contra de lo que Michael Ghiselin (1997, p. 294) parece querer sugerir, esta reivindicación de la teleología darwiniana no ha sido sólo cosa de tristes y pobres filósofos trasnochados. Además de personajes tan dispares como Etienne Gilson (1976, p. 186 y ss.) y Daniel Dennett (1995, p. 129) han sido biólogos evolucionistas como Konrad Lorenz (1981, p. 51) o Dobzhansky (Dobzhansky *et al.*, 1980, p. 499) los que han considerado que la explicación por selección natural debe ser entendida, ella misma, como una explicación teleológica. Ese también es el caso de Francisco Ayala (1999, 1998a-b, 1995, 1970) que, otra vez en contra de lo que Ghiselin (1997, p. 294) afirma, no sólo se permite la utilización de un lenguaje propositivo, sino que también, de manera

coherente y sostenida, ha venido defendiendo desde 1970 esa interpretación teleológica del darwinismo.

Ha surgido, sin embargo, lo que podría llegar a ser considerado como una tentativa de conciliar ambas interpretaciones del darwinismo: nos referimos a aquella propuesta por Robert Brandon (1990, p. 159 y ss.) y Marjorie Grene (1999, p. 11), que celebra esta posición como siendo una respuesta definitiva para la cuestión que nos ocupa; la resume así: "En una explicación seleccionista, es el *explicandum* que se muestra teleológico, pero la explicación es puramente causal, sin huella alguna de teleología".

Según Brandon (1990, p. 188), "las explicaciones de la adaptación son teleológicas en el sentido de que son respuestas a preguntas "para qué" (*what for questions*) y "las preguntas "para qué" demandan explicaciones teleológicas" (Brandon, 1996, p. 41). Así, y a diferencia de Ghiselin (1994), este autor no considera la terminología fuertemente finalista que Darwin (cfr. Lennox, 1993, p. 412 y ss.) y muchos de sus seguidores actuales utilizan como si fuese una simple "manera de hablar". Desde su perspectiva, la nada inusual referencia en los textos darwinistas a causas finales (Darwin, 1977 [1861], pp. 59-60), propósitos, diseños (Darwin, 1996 [1877], p. 284; Dawkins, 1996, p. 14; Monod, 1971, p. 38; Wainwright *et al*., 1980, p. 13; Williams, 1997, p. 29, 1996, p. 9) o incluso optimización (Dawkins, 1995, p. 12; Maynard Smith, 1997, p. 91 y ss.; Weibel, 1995, p. 1) aparece como un recurso legítimo y necesario para describir y analizar el fenómeno de la adaptación biológica. Después de todo, y tal como George Gaylord Simpson (1974, p. 20) alguna vez apuntó, "las estructuras y procesos de los organismos son útiles, realizan funciones y no existirían ni ocurrirían si no fuera así".

También Brandon (1990, p. 189) sostiene las explicaciones que para tales fenómenos teleológicos el darwinismo nos ha enseñado a construir, mismas que al mismo tiempo que pueden ser consideradas teleológicas, continúan siendo mecánico-causales en tanto y en cuanto no apelan ni a una causalidad retroactiva (*backwards causation*) ni a cualquier designio o plan supraempírico para el mundo viviente. Las explicaciones darwinistas de la adaptación podrían ser consideradas así como "explicaciones mecanicistas de fenómenos teleológicos" o, también, como respuestas mecanicistas para preguntas teleológicas.

Es de notar sin embargo, que casi subrepticiamente, Brandon acaba usando el término "mecanicista" en un sentido diferente cuando se afirma que el darwinismo explica la adaptación por la ciega necesidad de las leyes físicas. Brandon no sólo no llega a afirmar que el darwinismo permite una eliminación o reducción de la teleología, sino que tampoco se permite decir, por lo menos explícitamente, que esa explicación mecánica (pero aparentemente no reductiva) de la teleología sea una explicación estrictamente física. En su exposición, el término "mecánico" es vagamente usado como sinónimo de "no intencional" o de "no orientado por metas" y no exactamente como sinónimo de "físico". Cabe decir, por eso, que por lo menos en lo que atañe a su formulación, esta

posición es más débil que la de François Jacob o Karl Popper y hasta podría pensarse que, en definitiva, Brandon está más cerca de Ayala y de Lennox que de aquellos que sostienen una visión haeckeliana del darwinismo.

La lectura de "Biological Teleology: Questions and Explanations" de 1981 (Brandon, 1996) nos autorizaría a hacer esto último. Sobre todo cuando en *Adaptation and Environment* no encontramos nada que pueda sugerirnos que este nuevo tratamiento del tema implica una revisión o rectificación (cfr. Brandon, 1990, p. 188n) de lo dicho en aquel artículo donde se sostenía que "la teoría de la adaptación es la mejor, y quizá, la única teoría científica teleológica desarrollada" (Brandon, 1996, p. 42). Después de todo, lo que Brandon sostendrá en 1990 (p. 159) es que "en un sentido importante" las explicaciones de la adaptación son teleológicas aun cuando "ese aspecto teleológico deba ser explicado en términos puramente mecánicos"; y es esa misma interpretación teleológica del darwinismo la que parece ratificada en la afirmación de que "en la era postdarwiniana la selección natural ha tomado el lugar de Dios en las atribuciones teleológicas" (Brandon, 1999, p. 383).

El problema, sin embargo, persiste, porque aunque quede claro en qué sentido se dice que esas explicaciones son teleológicas (responden a preguntas del tipo *what for?*) (Brandon, 1996, p. 41, 1990, p. 188), continuamos sin saber en qué sentido se dice que esa teleología queda mecánicamente explicada. Pero atención: no se trata de decir que Brandon deje de presentarnos una caracterización clara o satisfactoria de la explicación por selección natural. En general, tendríamos poco o casi nada que objetar o agregar a su idea de que una explicación ideal completa de la adaptación requeriría estos cinco elementos:

> 1. Evidencia de que la selección ha ocurrido, es decir, de que algunos tipos están mejor adaptados que otros en el ambiente selectivo relevante (y de que esto ha resultado en reproducción diferencial). 2. Una explicación ecológica del hecho de que algunos tipos están mejor adaptados que otros. 3. Evidencia de que las características en cuestión son heredables. 4. Información sobre la estructura de la población tanto desde un punto de vista genético como selectivo, es decir, información sobre los padrones de intercambio genético y sobre los padrones de los ambientes selectivos de dicha población. 5. Información filogenética concerniente a qué cosa ha evolucionado a partir de qué otra, es decir, relativa a cuáles caracteres son primitivos y cuáles heredados" (Brandon, 1990, p. 165).

Pero el análisis que Brandon hace (1990, pp. 166, 172) de lo que sería una explicación ecológica de la selección en conjunción con su pertinente puntualización de que el concepto de adaptación supone el carácter alternativo de la estructura así caracterizada, nos lleva a pensar no sólo que desde su perspectiva no cabe una identificación lisa y llana de la noción de explicación mecánica con la noción de explicación física, sino que es ese mismo análisis lo que nos

persuade de que en general no cabe considerar la explicación seleccional[2] como si fuese una forma de explicación física.

ESTRUCTURA Y OBJETIVO DE LA EXPLICACIÓN SELECCIONAL

En tal sentido, y en lo relacionado con la primera cuestión, podemos comenzar recordando que, tal como Brandon (1990, p. 171) apunta, la explicación ecológica de las estructuras adaptativas (lo que en nuestra opinión constituye el núcleo de la explicación seleccional) siempre debe partir del presupuesto de que estamos ante el caso de una característica cuyos "portadores están mejor adaptados a un ambiente selectivo particular que los portadores de estructuras alternativas". Una adaptación, podemos decir, "es una variante fenotípica que produce la mayor aptitud (*fitness*) entre un conjunto específico de variantes en un ambiente dado" (Revé y Sherman, 1993, p. 1); y esto significa que estamos ante una noción estrictamente relativa (Brandon, 1996, p. 5 y ss.; 1990, p. 11 y ss.). Cuando decimos que una estructura es una adaptación nos comprometemos con la hipótesis de que en un determinado ambiente la misma contribuye, o ha contribuido, al éxito reproductivo de sus portadores en mayor grado que alguna forma alternativa (Brandon, 1990, p. 171). Por eso, la explicación darwinista siempre debe aludir a las condiciones en las cuales la característica positivamente seleccionada pudo resultar mejor o más ventajosa (en términos del éxito reproductivo de sus portadores) que una o más alternativas fisiológicamente viables y efectivamente presentes en una población.

Así, y recurriendo al ejemplo propuesto por el propio Brandon (1990, p. 163), podemos decir que la tolerancia a metales pesados, desarrollada por ciertas plantas que crecen en suelo contaminado por esas sustancias, constituye una adaptación sólo en la medida en que esa propiedad se halla difundido allí en virtud de que los individuos tolerantes gozaban, en ese medio contaminado, de un mayor éxito reproductivo que los individuos no tolerantes que se supone también integraban inicialmente esas poblaciones (Brandon, 1990, p. 172). En caso contrario (es decir, si con anterioridad a la exposición de dichas poblaciones a la presencia de metales pesados, todas las plantas allí presentes hubiesen sido tolerantes a esas sustancias), no caracterizaríamos a esa propiedad como una adaptación. En lugar de eso, podríamos apelar al término propuesto por Gould y Vrba (1998, p. 521) en un celebre artículo de 1982 y decir que esa tolerancia a los metales pesados constituye una exaptación.[3]

[2] Nos hemos permitido introducir una ligera modificación en la terminología habitual: así como se habla de explicación causal o de análisis o explicación funcional, nos pareció más adecuado hablar de explicación seleccional que de explicación selectiva. Esta última expresión es literalmente inadecuada porque parece indicar que la explicación en cuestión introduce, ella misma, algún tipo de preferencia o exclusión.

[3] Brandon (1990, p. 172n) comete una equivocación terminológica cuando, en ese mismo ejemplo,

Más aún: si al ser éste el caso constatásemos que en ciertos medios libres de contaminación las plantas pierden esa característica primitiva, podemos considerar que la adaptación, lejos de ser la tolerancia hacia tales metales, sería precisamente la no tolerancia (Brandon, 1990, p. 173). Y esta última expresión no sería, como observa Brandon, otra cosa que un mal nombre para el conjunto de propiedades que distinguen a esas plantas de las que son tolerantes y las hace mejor adaptadas que éstas a los ambientes no contaminados (Brandon, 1990 pp. 173-174). La pérdida de esa tolerancia podría no ser otra cosa que el efecto secundario de un cambio metabólico que, tal vez por optimizar el aprovechamiento de los nutrientes disponibles, sería rápidamente premiado por el oportunismo de la selección natural.

"Sin información sobre qué cosa ha evolucionado a partir de qué otra cosa, no tiene sentido hipotetizar que una característica sea una adaptación" (Brandon, 1990, p. 171), por esa razón, la explicación darwinista no puede prescindir jamás de información histórica sobre el proceso por medio del cual una característica orgánica fue seleccionada (Williams, 1996, p. 263). Al ser en ese sentido preciso y limitado, cabe decir que estamos ante una explicación y/o concepción etiológica de la adaptación (Wright, 1998 [1973]).

Así, para que una estructura pueda ser considerada una adaptación, no es suficiente constatar que la misma tenga (o haya tenido) un rol causal (o función) en el incremento del éxito reproductivo diferencial de sus portadores. Para que de la constatación de la mera función adaptativa de una estructura, podamos pasar a la afirmación de que la misma constituye una adaptación, es menester que su frecuencia relativa a otras estructuras alternativas se haya visto incrementada por el hecho de que la misma contribuía al éxito reproductivo de sus portadores. Dicho de otro modo, para que una estructura sea considerada una adaptación debemos atender a dos requisitos diferentes:

1. La estructura debe haber contribuido ella misma al incremento del éxito reproductivo de sus portadores.
2. Comparada con un estado anterior de la población, la frecuencia de esa estructura en relación con una alternativa individualizable debe haberse incrementado.

Sin atender al punto 1 podemos no distinguir entre estructuras cuya difusión se debe sencillamente a *selection of* y estructuras que obedecen a una genuina *selection for* (Sober, 1993a, p. 97, 1984, p. 50), pero sin atender al punto 2 podemos no distinguir entre una verdadera adaptación y una simple exaptación. Por eso, es menester no confundir la explicación darwiniana de la selección de la presencia o frecuencia de una estructura en una población con una simple descripción del modo en que esa estructura

utiliza el término aptación sin tener en cuenta que para Gould y Vrba, adaptaciones y exaptaciones son los dos tipos diferentes de aptaciones.

actúa en beneficio de sus portadores o está asociada a alguna estructura que produce tales beneficios. Como sabemos, "el hecho de que una característica sea beneficiosa para su poseedor no es una condición ni necesaria ni suficiente para considerar que la misma sea una adaptación" (Brandon, 1990, p. 43). Ser una adaptación, podemos decir, no es lo mismo que ser adaptativo (Sober, 1993b, p. 84; Sterelny y Griffiths, 1999, p. 218).

El apéndice humano, por ejemplo, es una adaptación aun cuando en el presente no sea en nada beneficioso para nosotros. Como ya no necesitamos digerir celulosa, de nada nos sirve ese nido de bacterias simbióticas capaces de descomponer dicha sustancia. Sin embargo, esa estructura anatómica, habiendo dejado de ser adaptativa, continúa siendo una adaptación. "Ella evolucionó por selección natural porque incrementaba la aptitud de nuestros distantes ancestros" (Sterelny y Griffiths, 1999, p. 218). Mientras tanto, una característica que sin tener valor selectivo alguno, se difunde en una población por el simple hecho de ser el efecto secundario de otra característica que sí tiene ese valor puede, por la mediación de un cambio ecológico, tornarse beneficiosa o adaptativa, sin por eso devenir una adaptación.

Tal podría ser el caso, por ejemplo, del hedor que un insecto x produce como resultado de su metabolización de algún veneno presente en el ambiente. Ese hedor de pronto puede tornarlo desagradable para una especie de pájaro que ha comenzado a colonizar esa región y que, según nos consta, en otras regiones se alimenta de una especie y de insecto semejante a x que, por no estar sometida a la acción de ese veneno, no produce ese hedor. Éste, o si se prefiere la capacidad de producirlo, deviene así en una estructura adaptativa sin por eso transformarse, estrictamente hablando, en una adaptación.

Puede pensarse incluso en un ejemplo más contundente: un vertebrado sin corazón perece sin reproducirse, y en ese sentido puede decirse que el corazón tiene una función en el incremento del éxito reproductivo de sus portadores, pero ese hecho no sirve para explicar el origen del corazón en términos darwinistas. En contra de lo que el primer Rosemberg (1985, p. 46) sugería, las explicaciones funcionales a la Harvey no anticipan a las narraciones adaptacionistas a la Darwin. Para tener una explicación darwinista de la forma más primitiva de corazón, debemos fragmentar esa historia en una serie de pasos tal que cada uno constituya una alternativa entre dos o más modos fisiológicamente posibles de cumplir con un determinado papel adaptativo (que puede ser o no semejante a aquel que ese órgano hoy posee) y mostrar en qué condiciones la alternativa que conducía directo al corazón resultaba, en ese momento, más económica o más eficiente que su(s) posible(s) alternativa(s).

Esa es, por otra parte, la estrategia de explicación evolutiva, no sólo para cualquier órgano de extrema perfección (Darwin, 1859, p. 186; Gould, 1983, p. 116 y p. 122) sino también para cualquier estructura que en un determinado momento de la historia de una especie cumpla una función (fisiológica) imprescindible. Características

orgánicas que puedan ser calificadas como físicamente necesarias o como fisiológica o morfológicamente imprescindibles en organismos de un determinado tipo no pueden ser objeto de narraciones adaptacionistas, a no ser que podamos remitirnos a una instancia en donde esa necesidad se disuelva. El análisis adaptativo, en suma, sólo se aplica en aquellos casos y contextos en que una característica puede ser considerada como contingente (u opcional) en términos físicos, químicos, fisiológicos o morfológicos (Williams, 1996, p. 261).

La explicación darwinista es siempre, en este sentido, la explicación de una diferencia (Lewontin 2000, p. 9; Werner, 1999, p. 16) o, incluso, de algo así como una opción entre dos posibilidades (Cronin, 1993, p. 67). Esto significa que no se trata, entonces, de explicar cómo algo ocurre o actúa, sino de mostrar por qué eso pudo ser mejor que otra cosa que se presentaba como alternativa. Es decir, no se trata simplemente de saber lo que algo hace, sino de saber en qué sentido lo hace mejor que alguna alternativa efectiva (cfr. Dawkins, 1995, p. 15 y ss.). La pregunta deja de ser simplemente, ¿qué es lo que X hace? o incluso, ¿para qué sirve X?; en lugar de ello nos encontramos con una interrogación doble: ¿qué es lo que X hace mejor que Z? y ¿en qué sentido lo hace mejor? Sin responder a esas dos preguntas no hay explicación de la selección completa. Podemos, sin embargo, intentar condensar esa dupla en una única fórmula interrogativa: ¿por qué (es decir, con la acción de qué presiones selectivas) P pudo resultar mejor que R en el contexto T? He ahí el objetivo explanatorio de las explicaciones darwinistas.

Así, ante una especie de pájaros que por lo general ponen cuatro huevos, y no tres o cinco como los de otra especie con la cual están emparentados, el darwinismo nos lleva a pensar que debe haber alguna (buena) razón para que las cosas sean de ese modo, que para esos pájaros, y por las condiciones en la cual viven, cuatro huevos son mejores, en cierto modo, que tres o cinco (Dennett, 1991, p. 247), surgiendo a partir de ahí conjeturas sobre gastos de energía, probabilidad de supervivencia, escasez de comida, etcétera, que llevan a la formulación de una hipótesis contrastable según la cual, en ese contexto local y dadas las alternativas presumiblemente disponibles, aquella era la mejor alternativa viable (cfr. Dennett, 1991, p. 247; Maynard Smith, 1997, p. 92; Williams y Nesse, 1996, p. 23). Como vemos, el éxito reproductivo diferencial guarda con la explicación darwinista de las adaptaciones una relación análoga a aquella que la utilidad marginal guarda con la explicación económica de las acciones (cfr. Dawkins, 1995, p. 19; Mueller, 1996, p. 105; Elster, 1992, p. 53; Mc Neill, 1996, p. 141).

Por eso, ante una estructura orgánica cualquiera, el darwinismo no sólo nos lleva a operar una suerte de retroingeniería (*reverse enginnering*) o de hermenéutica de lo viviente (Dennett, 1995, pp. 212, 214), cuya lógica es por lo menos muy próxima a aquella que conduce el análisis de un arqueólogo o de un historiador que intenta reconstruir la finalidad y el funcionamiento de una herramienta o una máquina antigua, sino que

incluso, para que ese análisis sea completo, la biología evolutiva actual nos pide que la perspectiva del ingeniero, o si se quiere del *bricoleur*, tan cara para el darwinismo clásico, sea complementada por la perspectiva del economista (Dawkins, 1995, p. 15; Cronin, 1993, p. 67). A diferencia del dios de Paley, y como los ingenieros realmente existentes (cfr. Simon, 1996, p. 25 y ss.), la selección natural es un diseñador que actúa en un mundo de escasez (cfr. Williams y Nesse, 1996, p. 19).

La diferencia crucial entre esos ingenieros-economistas y la selección natural está, simplemente, en el procedimiento por el cual suponemos que se recorre el universo de las soluciones posibles. En un caso se trata de la deliberación de agentes intencionales, más o menos miopes, que actúan conforme a metas alternativas y a determinados sistemas de creencias y preferencias; y en el otro, se trata de un mecanismo ciego de ensayo y error que dentro de cierto margen limitado de posibilidades genera soluciones rivales para los infinitos desdoblamientos de un único problema fundamental (la supervivencia) y elimina aquellas alternativas que, entre todas las efectivamente disponibles, sean las menos aptas para resolverlo.

En efecto, si lo que está en juego es sólo descubrir estructuras con capacidad de persistir en ciertos contextos locales, basta contar con un mecanismo (no intencional) productor de estructuras alternativas para que la mayor o menor viabilidad de las diferentes alternativas surgidas determine su eliminación o preservación coyuntural. La producción al azar (es decir, sin alguna finalidad o intención) de modelos alternativos de dichas estructuras y su ulterior retención selectiva (Campbell, 1983, p. 198), en virtud de esa misma viabilidad, constituyen un procedimiento de descubrimiento razonablemente satisfactorio y –aunque algo lento y dispendioso– rigurosa y cruelmente eficiente.

Pero, aunque la idea de un proceso no intencional, no ordenado en función de metas, pueda hacernos pensar que hemos salido del dominio de la teleología para ingresar en el de la causación mecánica, no debemos perder de vista que hemos apelado a ese proceso, que eventualmente podemos llamar de mecanismo, justamente para explicar por qué algo pudo resultar un medio más adecuado que otro para la consecución de un determinado resultado y eso, aunque no lo queramos, no nos lleva al orden de las causas mecánicas, sino que nos pone ante una provincia muy particular del orden de las razones. Como lo reconoce Brandon (1990, p. 166), explicar por qué un organismo está más adaptado que otro a un determinado ambiente exige entender las "razones ecológicas" para que eso ocurra.

Así, y como Dennett (1995, p. 129) lo apunta, en lugar de ingresar en el orden de la necesidad galileana entramos en el dominio de una "variedad de necesidad inevitablemente teleológica" que es muy próxima de aquella que estando en la base del silogismo práctico se expresa en el imperativo hipotético. "Si quieres alcanzar la meta M, entonces esto es lo que debes hacer dadas las circunstancias." Se trata, en efecto, de la necesidad teleológica de la razón instrumental (cfr.

Dennett, 1995, p. 129), y es esa necesidad que resulta de la escasez y no del determinismo físico, la que en la explicación darwinista se complementa con el ciego azar de la variación. Azar que por su parte no es tampoco el azar de lo indeterminado que carece de legalidad, sino el azar de lo fortuito que, como ya dijimos, carece de toda intención o finalidad (Monod, 1971, p. 127). Si la evolución puede ser pensada como efecto del azar y la necesidad, no lo es por ser la resultante de un proceso donde la determinación física se conjugaría con una supuesta indeterminación también de carácter físico, sino por ser una trama donde los avatares de la fortuna se entrelazan con los rigores de la escasez.

No deben sorprendernos, en este sentido, los aires de familia que guardan entre sí las explicaciones de la biología evolutiva y las explicaciones de las ciencias humanas que apelan al modelo de la opción racional. De hecho, y tal como Herbert Simon (1996, p. 8) alguna vez señaló, "el papel jugado por la selección natural en la biología evolutiva es análogo al papel jugado por la racionalidad en las ciencias del comportamiento humano". El uso en ambos dominios de la teoría de los juegos no sólo refuerza sino que hasta legitima esa semejanza (Maynard Smith, 1982, p. 1; Leinfellner, 1986, p. 11; Cronin, 1993, p. 70; Elster, 1992, p. 51; Sober, 1993b, p. 136; Mérö 2000, p. 148).

Por eso, aun con independencia de esos desarrollos formales, lo cierto es que se puede apuntar un significativo isomorfismo entre eso que hemos propuesto llamar explicación seleccional y explicación intencional. Esta última puede, en efecto, ser pensada como obedeciendo al siguiente modelo:

Explanans:
- Un agente P procura alcanzar la meta S.
- De acuerdo a los criterios e informaciones que guían la acción de P, existen dos modos alternativos (X e Y) de alcanzar S, y, también según estos criterios e informaciones, X constituye el mejor de ellos.

Explanandum:
- P opta por X.

Este esquema, que difiere ligeramente del propuesto por Von Wright (1980), contempla la generalmente ignorada insistencia de Von Mises (1980, p. 37, 1975, p. 17 y 26) en el hecho de que la explicación intencional debe ser entendida más como la explicación de una opción que como la explicación de una acción. O si preferimos hablar de comprensión más que de explicación, podemos decir que este modelo nos indica que comprender siempre es comprender una opción antes que comprender una acción. Ésta, en todo caso, puede ser pensada como un comportamiento en tanto que expresión o indicación de una opción que le da sentido y no como efecto de un mecanismo neurofisiológico que opera como su causa.

Pero en el contexto de la discusión en la cual estamos aquí involucrados, el mejor rendimiento de ese modo de representar la explicación intencional reside en que el

mismo pone en evidencia que esta última, al igual que la explicación darwiniana de la selección es también la explicación de la retención o preferencia de una alternativa que entre otras posibles se presenta en un contexto como la solución más satisfactoria para un determinado problema.

Es que, como dijimos, la explicación darwiniana siempre es la explicación de una diferencia de frecuencia entre dos alternativas que, indicándonos una opción o una preferencia, nos dice por qué algo pudo ser mejor que otra cosa en un determinado contexto; y esto puede ser representado en este modelo general de la explicación de la teoría de la selección:

Explanans:

- La población P está sometida a la presión selectiva S.
- La estructura X (presente en P) constituye una mejor respuesta a S que su alternativa Y (también disponible en P).

Explanandum:

- La incidencia de X en P es mayor que la de Y.

Como vemos en este modelo, las presiones selectivas a las que está sometida una población no son consideradas como causas mecánicas de la retención en esa población de ciertas estructuras adaptativas. Los hechos descritos en el *explanans* de la explicación seleccional no son presentados como la causa humana del hecho descrito por el *explanandum*. La descripción de las presiones selectivas a las que está sometida la población explica la retención de una estructura no por describir la causa eficiente que la produce sino por mostrar las razones de esa retención; y es en ese sentido que podemos decir que este tipo de explicación, al igual que la explicación intencional, exhibe un nexo teleológico y no una conexión causal de tipo mecánico.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES

No asociemos, sin embargo, ese carácter nocausal del razonamiento darwinista con el hecho de que las mutaciones sean aleatorias en relación con las presiones selectivas. Lo que aquí está en juego, lejos de ser un hecho biológico, es la constatación epistemológica de que el objetivo explanatorio de la explicación darwiniana no es la emergencia o constitución de una determinada estructura, sino su mayor difusión o persistencia en una población con respecto a una alternativa. Debe quedar claro que cuando decimos que la conexión exhibida por la explicación darwiniana es de carácter teleológico y no de carácter causal o mecánico, no aludimos a la vinculación entre variaciones y presiones selectivas; hacerlo significaría romper con el darwinismo al postular, como Asa Gray lo habría hecho (cfr. Ghiselin, 1983, p. 156; Mayr, 1992, p. 72), algún tipo de intencionalidad que guiaría la oferta de variaciones. Lejos de eso, cuando nos referimos a un nexo teleológico es sólo para aludir a la relación que la explicación selectiva establece entre ciertas presiones selectivas y la mayor fre-

cuencia de determinadas estructuras orgánicas en el seno de una población.

Cuando decimos que en una determinada población de mariposas un tipo de pigmentación operó como recurso mimético frente a la presión ejercida por ciertos depredadores mejor que otra pigmentación también presente en la población, no apelamos ni podemos –pero tampoco precisamos– apelar, a ningún enunciado nomológico que conecte presión selectiva y respuesta como si se tratase de una relación causal; sino que apuntamos la *raison de etrê* de esa pigmentación (Dennett, 1995, pp. 24-5, p. 212 y ss., 1991, p. 238). Es decir, la explicación darwinista no nos muestra una relación humana –mediada por leyes físicas– de causa-efecto (Von Wright, 1980, p. 118) como podría hacernos pensar la interpretación haeckeliana del darwinismo, sino que nos propone un vínculo del tipo solución-problema.

Cabe por eso concordar con Hull (1984, p. 30), Mayr (1998c, p. 91) y Ghiselin (1997, p. 231 y ss.) en el hecho de que la explicación darwiniana difiere de la explicación física por el hecho de que se trata de una explicación histórica. Pero, en nuestra opinión, ese carácter histórico deriva, antes que nada, del hecho de que estas explicaciones no sólo no aluden a leyes cuya elucidación sería el objetivo explanatorio típico de las explicaciones físicas, sino que tampoco las suponen como recurso o medio para explicar fenómenos específicos. Es decir, las explicaciones darwinistas son históricas, no por aplicar múltiples leyes no cuestionadas y a menudo no formuladas al estudio de procesos singulares como puede ocurrir con la geología, sino por una razón más fundamental: por no estructurarse, en absoluto, con base en tales leyes.

Lo que sí cabría considerar como una explicación de estructura análoga a la de la geología es aquella que la fisiología o la biología molecular podrían darnos de cualquier fenómeno orgánico, pero, en esos casos, respondemos a preguntas que son diferentes de aquellas que orientan a la biología evolutiva. Así, si consideramos otra vez el caso de esas plantas que desarrollan cierta tolerancia a los metales pesados, deberemos convenir en que una explicación fisiológica o bioquímica del mecanismo que permite tal tolerancia podría ser pensada como una forma particular de explicación mecánica e incluso física. Pero como el propio Brandon (1990, p. 167) apunta, "por interesante que ese trabajo sea", su resultado no sólo no constituye una explicación evolucionista de la adaptación sino que tampoco es parte siempre necesaria de la misma. Es que, "mientras la explicación ecológica nos dice por qué (*why*) un tipo está mejor adaptado que otro a un ambiente dado, el enfoque fisiológico/biomecánico nos dice cómo (*how*) un tipo actúa para estar mejor adaptado que otro".

Podemos, es cierto, imaginar "casos donde el enfoque fisiológico o biomecánico sería relevante para una explicación completa de la adaptación" (Brandon, 1990, nota 9). Así, si en el caso de las plantas tolerantes a los metales pesados ese enfoque pone en evidencia una cierta limitación en esa capacidad o una relación inversamente propor-

cional entre esa capacidad y la fecundidad, entonces, esa información tendrá un papel en una explicación seleccional completa. Pero, como apunta Brandon (1990, nota 9), eso puede no acontecer. Es fácil imaginar ejemplos en donde la explicación podría pasar por alto esos factores fisiológicos o bioquímicos y por eso podemos no considerarlos como un elemento esencial de la misma. Así, si explicamos una diferencia en la producción de una secreción olorosa en dos poblaciones A y B de cierto tipo de roedor, diciendo que en A esa producción se incrementó debido a que esta población pasó a estar sometida a la acción de un depredador que siendo diferente de aquel que continuó actuando sobre B es ahuyentado por ese hedor mientras el otro se vale del mismo para ubicar a sus presas, entonces, en este caso, es muy posible que nuestra explicación pueda prescindir de cualquier referencia al mecanismo fisiológico que produce esa secreción.

Sin embargo, cabría tal vez intentar argumentar a favor del carácter físico o mecánico de la explicación darwiniana por otro camino. Se podría, en efecto, decir que esa explicación seleccional a la cual hemos estado aludiendo no es más que una suerte de descripción resumida, simplificada o condensada, de un vasto conjunto de fenómenos individuales, todos ellos de carácter puramente mecánico cuyo efecto final es esa supervivencia diferencial que constituye el objetivo explanatorio de la explicación darwinista. Efecto que a su vez sería también un fenómeno descriptible en términos puramente físicos. Todos esos fenómenos, en última instancia, son registrables por aparatos físicos de medición y nadie podría sostener que, en tanto tales, los mismos sean causados por alguna fuerza que no sea física.

Sin duda alguna cuando decimos que una población de mariposas está siendo depredada por una población de pájaros y que esa depredación hace que algunas de esas mariposas se reproduzcan menos que otras, estamos, de cierto modo, aludiendo a fenómenos que pueden ser descritos desde una perspectiva puramente física: las mariposas y los pájaros son estructuras moleculares. Todos sus mecanismos fisiológicos, incluidos aquellos que están involucrados en la reproducción y el desarrollo pueden, en última instancia, ser descritos y explicados en términos moleculares; y no cabe duda que el vuelo de esos animales sobre una pradera es también un fenómeno físico como incluso lo es el impacto del pico de los pájaros sobre los cuerpos de las mariposas. Incluso hasta la resultante de todo ese torbellino de eventos físicos, el cambio en la frecuencia de las diferentes variantes de mariposas puede considerarse como un hecho posible de descripción física. En la medida en que las variaciones de estructura obedecen a una base molecular, podemos describir ese cambio en la frecuencia de las diferentes variantes como un cambio en la frecuencia de ciertas estructuras moleculares dentro del sistema físico constituido por todos esos agregados de átomos que son las mariposas de esa población.

Pero aunque esa engorrosa y casi demencial descripción fuese factible, la misma no

podría sustituir una explicación selectiva de por qué ciertas formas se tornaron más frecuentes que otras. Es que la reconstrucción de toda esa filigrana de eventos físicos, aun explicándonos cómo algo ocurrió, todavía dejaría sin responder la pregunta que según vimos define el objetivo explanatorio de las explicaciones darwinistas: ¿por qué P pudo resultar mejor que R en el contexto T? Es decir, la explicación darwinista debe indicar qué ventajas pudo representar una variante en relación con otras, y eso es lo mismo que formular un balance y una comparación de los costos y beneficios implicados por las diferentes formas alternativas (cfr. Martínez, 1997, p. 224).

La explicación física puede mostrarnos cómo se comportaron o actuaron ciertas estructuras pero nunca podrá decirnos en qué condiciones una pudo resultar más ventajosa que otra. No hay traducción física para este tipo de preguntas y puede haber respuestas físicas erróneas para las mismas. Así, aunque una superinteligencia laplaciana pudiese describir, predecir y explicar físicamente la evolución de una población como si fuese una nube de moléculas, no por eso las preguntas que un biólogo darwinista se plantea cuando considera las estructuras orgánicas en términos adaptativos serían respondidas. Es que, en última instancia y más allá de cualquier otra consideración, la razón más clara que se puede alegar en contra de la idea de que la explicación darwinista sea un resumen o una simplificación de alguna compleja explicación física de los fenómenos evolutivos radica en el hecho de que los conceptos clave de la teoría darwiniana (pensemos en cosas como presión selectiva o adaptación) no pueden ser traducidos en términos físicos.

Desde un punto de vista epistemológico, ya nos decía Ernst Cassirer (1948a, p. 204), conceptos como adaptación, selección natural, lucha por la existencia o supervivencia de los más aptos presentan "una fisonomía completamente distinta" de aquella que presenta "los conceptos manejados por la ciencia natural matemática". Así, aun combatiendo "una determinada forma de la teleología metafísica", el darwinismo "no prescinde, ni mucho menos, de la teleología crítica". Sobre todo si por esta última entendemos, como el propio Cassirer (1948b, p. 390), algo que "ha dejado de ser un poder natural que actúa objetivamente en las cosas y detrás de ellas para convertirse en un principio espiritual de asociación con (el) que nuestro enjuiciamiento aborda la totalidad de los fenómenos".

Al ser que, en nuestra opinión, esa diferencia de fisonomía y esa imposibilidad de traducción obedecen a que esos conceptos son tributarios de un par de categorías que, como Popper (1977, p. 240) alguna vez apuntó, no podrán encontrar jamás su correspondiente físico. Nos referimos a las nociones de problema y solución (cfr. Caponi, 1999, p. 105). Aunque sólo sea de un modo tácito, cuando decimos que una estructura biológica presenta alguna ventaja en relación con otra o responde mejor que otra a una presión selectiva estamos diciendo que esas estructuras son más adecuadas que otras para la solución de un problema, y así introducimos una perspectiva de aná-

lisis que excede los límites de la física.[4] Por eso, podríamos decir citando a Alain (1990 [1940], p. 140), "al indagar en qué un determinado carácter, como ser ciego para un cangrejo en una caverna oscura, puede significarle alguna ventaja frente a los otros, Darwin conserva de la causa final lo que corresponde conservar, porque de lo que allí se trata es de mostrar cómo, en ese caso, resultaría perjudicial tener ojos inútiles".

CUESTIONES TERMINOLÓGICAS

Claro que, llegados a este punto, podría plantearse la objeción de que hasta aquí nuestra argumentación pareció suponer que siempre que se habla de una explicación mecánica o mecanicista y, en ese sentido, no teleológica de la adaptación se está queriendo indicar una explicación física. Siendo que, tal vez, con la expresión mecánica se esté queriendo indicar otra cosa; como ya lo vimos, Brandon (1990, pp. 188-9) lo hace cuando nos dice que las explicaciones darwinistas, al mismo tiempo que son teleológicas por responder a la pregunta ¿para qué? también son explicaciones causales-mecánicas por los siguientes hechos:

[4] Nuestra argumentación sobre la imposibilidad de pensar la explicación darwiniana como un resumen o una condensación de una explicación física, podría complementarse con el argumento de Sober (1993a-b) sobre el carácter sobreviniente de los predicados de la biología evolutiva en relación con los predicados físicos. Nosotros mismos lo hemos hecho en algunos trabajos precedentes (Caponi, 2001a; 2000, 1999).

- No apelan a ninguna causación reversa (*backwards causation*) como lo sería el efecto de la adaptación haciendo que ésta exista.
- Tampoco apelan a cualquier clase de "designio o plan supraempírico para el mundo biológico".

Pero, si lo que se está queriendo indicar con mecánico es simplemente el hecho de que la explicación darwinista no recurre ni a una impensable y por nadie sostenida *backwards causation* o causación futura (Ruse, 1979, p. 211), ni a la idea teológica de un diseño o plan preconcebido para el mundo orgánico, es obvio que nosotros también convendríamos en que estamos ante una explicación mecánica. Con ello sólo parece indicar que estamos ante una explicación no intencional (en sentido estricto, nodennettiano) y no teleológica de las estructuras adaptativas, y fue eso lo que aquí intentamos presentar. Sin embargo, el modo en que Brandon usa la expresión "mecánica" nos parece presentar dos problemas de relativa importancia.

El primero de ellos tiene que ver con el hecho de que se le da al término un significado excesivamente amplio y que, para colmo, no coincide con el significado que, aunque sea de un modo vago, le otorgan aquellos autores que se aproximan a la imagen haeckeliana del darwinismo. Es que, conforme lo vimos, la mayoría de estos autores (por ejemplo, Garrido, 1973, p. 119; Jacob, 1974, p. 22; Popper, 1974, p. 245) parecen presuponer cierta identificación, en nuestra opinión muy poco problemática,

entre causalidad física y causalidad mecánica, y aunque esto no sea algo explícito en todos los otros autores, como por ejemplo Julian Huxley (1965 [1943], p. 393), esa identificación parece presupuesta. ¿Qué puede quererse indicar con mecánico sino que es regido por leyes mecánicas o, por lo menos, físicas? (cfr. Lecourt, 1999, p. 987). ¿Y si se habla de explicación mecánica no se está queriendo indicar, por lo general, una explicación física? Eso es por lo menos lo que nuestro viejo Webster's nos permite inferir cuando consigna como posible acepción de *mechanism*: "la teoría o doctrina de que todos los fenómenos del universo, particularmente la vida, pueden, en última instancia, ser explicados en los términos de la física y la química".

Existe, sin embargo, una segunda razón para no aceptar la calificación de la explicación darwinista como mecánica, conforme la acepción que Brandon le otorga al término, y la misma tiene que ver con el hecho de que las notas que este autor considera como definitorias del concepto de explicación mecánica (a saber, no apelar a la causación futura o al diseño o plan intencional) han sido citadas, muchas veces, como argumento suficiente para sustentar la idea de que el darwinismo no implica ningún tipo de teleología. Tal es el caso, sobre todo de Ernst Mayr (1998b, p. 436 y, p. 455, 1988, p. 60, 1976, p. 387 y 403)y de Michael Ghiselin (1983, p. 157); este último, en lugar de aludir a la "respuesta" o "superación" darwiniana del argumento del diseño, se refiere, directamente y sin el mínimo reparo o explicación, a la "refutación" del argumento de la finalidad.

Lo curioso es que como evidencia a favor de su interpretación no teleológica del darwinismo, Ghiselin cita justamente un magnífico pasaje de *The Various Contrivances by Which Orchids are Fertilised by Insects* en donde Darwin (1886, p. 283 *apud* Ghiselin, 1983, p. 175) nos dice que "en toda la naturaleza casi todas las partes de cada ser vivo probablemente han servido, de una forma levemente modificada, para diferentes finalidades y han funcionado en el mecanismo viviente de muchas formas específicas, antiguas y distintas". Pero claro, lo que Ghiselin (1983, p. 158) está preocupado en mostrarnos es que, como ya todos sabemos, en la naturaleza darwiniana "nadie planea nada" y en lugar de eso "se utilizan las oportunidades cuando en cierto sentido aparecen aleatoriamente"; así, obcecado por mostrarnos que la explicación darwinista no involucra ninguna intencionalidad, este autor deja de lado cualquier discusión sobre la peculiaridad de ese supuesto tipo de explicación mecánica que alegre, pero inevitablemente, se vale de nociones tan ajenas a la física como pueden ser la "utilización de oportunidades" o la de "cambios de finalidad".

Así, aun cuando con "mecánico" se quiera indicar simplemente un proceso no intencional o, como suele decirse, ciego o ajeno a cualquier previsión, la expresión nos sigue pareciendo inconveniente por sugerir que en última instancia la explicación darwinista es una explicación física, o bien que en definitiva se trata de una mera explicación galileana cuya estructura no presen-

ta peculiaridad alguna en lo que atañe a la cuestión de la teleología si la comparamos con cualquier otra explicación de la ciencia natural. Para decirlo de una forma más precisa: insistir en la idea de que la explicación darwiniana es una simple explicación causal nos parece un modo seguro de no reconocer que la misma, como dijimos, no se estructura con base en la categoría humana (Von Wright, 1980, p. 118) de causalidad como relación nomológicamente mediada entre dos eventos, sino en relación con el binomio solución-problema. Es la necesidad de no perder de vista esa particularidad epistemológicamente crucial lo que en nuestra opinión justifica el hecho de caracterizar a la explicación selectiva como una explicación teleológica.

Pero claro, cuando entramos en el difícil y hasta inconducente juego de evaluar las diferentes connotaciones de un término, puede parecer que nosotros estamos llamados a ser los primeros en perder; después de todo, si la palabra "mecánica" tiene connotaciones que pueden resultar inconvenientes a la hora de calificar a la explicación darwinista, la palabra "teleológica" no parece salir mejor librada. No parecería por eso nada rebuscado proponer que, en vez de hablar de una teleología naturalizada diferente a la teleología teologizante, se utilicen dos términos distintos para denotar dos ideas tan diferentes como esas.

Se podría por eso insistir, tal como lo han hecho, entre otros, Monod (1971, p. 24), Limoges (1976, p. 157), George Williams (1996, p. 258) y hasta el propio Ghiselin (1997, p. 294, 1994, p. 489) en la posibilidad de usar la expresión "teleonomía" para aludir a ese modo de pensar la finalidad del darwinismo. Así, y tal como lo reconocía el autor de *El azar y la necesidad*, teleonomía "es la palabra que puede utilizarse si, por cierto recato, se quiere evitar hablar de finalidad" (Monod, 1967, p. 15). Sin embargo, y como a este respecto apunta Ayala (1970, p. 14), "la sustitución de un término por otro no necesariamente clarifica un tema en discusión". Sobre todo cuando esa sustitución introduce una confusión.

Como sabemos, la expresión "teleonomía" en un principio fue propuesta por Colin Pittendrigh (1958, p. 384) para aludir vagamente a una finalidad científicamente aceptable. Pero, no es en lo absoluto irrelevante el hecho de que al usar la expresión "teleonomía", como siendo ligeramente sinónima de "adaptación" o "valor selectivo" (cfr. Mayr, 1998b, p. 442; 1974, p. 393), se está pasando por alto que con ese término Pittendrigh quería "aludir –sin ofender– a esa direccionalidad finalista de un sistema mecanicista perfectamente respetable". Es decir, se estaría pasando por alto que con ese término y tal como él mismo lo reconoce, Pittendrigh quería aludir a la finalidad de los mecanismos autorregulados que Rosenblueth, Wiener y Biegelow vindicaron en su célebre artículo de 1943 (Pittendrigh, 1970 apud Mayr, 1998b, p. 441n).

En ese texto, en efecto, la expresión comportamiento teleológico es usada como sinónimo de "comportamiento controlado por realimentación negativa" (Rosenblueth *et al.*, 1943, p. 24), y como Ayala (1970, p. 14) tempranamente apuntó: "En biología

hay fenómenos orientados a fines (*are end-directed*) sin ser mecanismos autorregulados en el sentido usual de la expresión. La mano del hombre, por ejemplo". Pero, sin ninguna duda, la coloración mimética de gateados patagónicos hubiese sido un ejemplo más claro de algo cuya existencia entendemos en términos de su utilidad sin que eso implique en nada la analogía con un sistema autorregulado (cfr. Solanet, 1940, p. 35).

Con claridad digna de mejor causa, el barón Jakob Von Uexküll (1945[1922], p. 175) alguna vez supo señalar que "en los seres vivos adultos distinguimos una doble conformidad a fin: de un lado, cada organismo está construido conforme a un fin en sí mismo, y del otro, el organismo está adaptado conforme a su entorno". La primera, consagrada por Kant (1992[1790] §66) en su definición de producto organizado de la naturaleza como "aquel en que todo es fin y, recíprocamente, medio", es esa forma de finalidad intraorgánica que Claude Bernard (1984[1865], p. 137) consideraba cuando definía un cuerpo organizado como un sistema donde "todas las acciones parciales son solidarias y generadoras las unas de las otras". La segunda, en cambio, es esa mera utilidad exterior que, maravillando a los espíritus ingenuos, sirvió siempre a la teología natural hasta que, como dijimos, Darwin la transformó en clave y en asunto privilegiado de su nueva concepción de lo viviente.

Existe la conformidad a fin de Kant y la de Paley o, si se prefiere, la de Claude Bernard y la de Darwin (Caponi, 2001b); en sentido estricto, la noción de teleonomía sólo alude a la primera. Para entenderla, por eso, no debemos "confundir los mecanismos del cambio evolutivo y los mecanismos fisiológicos de los organismos abstraídos de la escala del tiempo evolutiva" (Pittendrigh, 1970); siendo sólo estos últimos los que, vistos desde esa perspectiva especial que es la del fisiólogo, deben ser considerados teleonómicos en el sentido que Pittendrigh dio al término (Mayr, 1998b, p. 442, 1976, p. 393).

Dicho de otro modo: debemos evitar "confundir la causación en los orígenes históricos de un sistema y la causación en el desempeño actual del sistema" (Pittendrigh, 1970); y aunque Pittendrigh consideraba que la "perpetuación por reproducción" y "todas sus finalidades subsidiarias de alimentación, defensa y supervivencia en general" constituían "la más general de todas las finalidades biológicas", no por eso aceptaría denominar a esta última como proyecto teleonómico esencial. En todo caso, si le damos a esa expresión que Monod (1971, p. 25) propuso para referirse al imperativo de la multiplicación el significado que Pittendrigh le daría, la misma no aludiría a la reproducción sino al sostenimiento del propio organismo individual; es decir, aludiría a aquello que Maturana y Varela (1994) han llamado *autopoiesis*.

CONCLUSIÓN

Las diferencias existentes entre la explicación causal propia de la física y la explicación darwiniana son lo suficientemente considera-

bles como para que nos permitamos hablar de un tipo diferente de explicación. Además, la forma que esta explicación presenta nos permite también caracterizarla como una explicación teleológica. No parece haber un término disponible mejor que ése. Sustituirlo puede redundar en más confusiones que las que su uso puede generar, e inventar algún neologismo puede no ser más que un recurso para minimizar la importancia de esas diferencias a las que hemos aludido. Podemos entonces concluir conviniendo con Sober (1993b, p. 83) en que, aunque sea definitivamente correcto considerar a Darwin como "un innovador que hizo progresar la causa del materialismo científico, su efecto sobre las ideas teleológicas fue claramente diferente del de Newton". Es que, más que expurgar a la biología de tales ideas, Darwin nos mostró cómo era que las mismas podían "tornarse inteligibles dentro de un marco naturalista".

El hombre, decía pertinentemente Von Mises (1980[1966], p. 54), "sólo puede acudir a dos órdenes de principios para la aprehensión mental de la realidad: los de la teleología y los de la causalidad. Un hecho que no se preste a ser interpretado por uno de esos dos caminos resulta para el hombre inconcebible y misterioso". Pero lo que el análisis epistemológico del darwinismo nos obliga a revisar es la simple superposición de esa polaridad con la distinción entre el orden de la acción humana y el orden de los fenómenos naturales. En contra de lo que Von Mises suponía, constatamos que no es tan obvio que el cambio sólo pueda "concebirse como consecuencia, o bien de la operación de la causalidad mecánica, o bien de una conducta deliberada humana". La teoría de la selección natural ha puesto en escena una tercera alternativa.

REFERENCIAS

Alain (Émile Chartier) [1940], *Éléments de philosophie*, París, Folio, 1999.

Allen, C., M. Bekoff y G. Lauder (eds.), *Nature's Purposes: Analyses of Function and Design in Biology*, Cambridge, MIT Press, 1998.

Ayala, F., "Adaptation and Novelty: Teleological Explanations in Evolutionary Biology", en *History & Philosophy of Life Sciences*, 1999;1(XXI):3-33.

———, "Teleological Explanations *vs.* Teleology", en *History & Philosophy of life Sciences*, 1998;1(XX):41-50.

———, "Teleología y adaptación en la evolución biológica", en Martínez, S. y A. Barahona (eds.), *Historia y explicación en biología*, México, FCE, 1998, pp. 495-510.

———, "The Distinctness of Biology", en Weiner, F. (ed.), *Of Nature*, Berlín, Springer, 1995, pp. 268-288.

———, "Teleological Explanations in Evolutionary Biology", en *Philosophy of Sciences*, 1970;37:1-15.

Ayala, F. y Dobzhansky, T. (eds.), *Estudios sobre la filosofía de la biología*, Barcelona, Ariel, 1983.

Baer, K. [1873], "Zum Streit über der Darwinismus", en Augsburger Allgemeine Zeitung, 1986-1988;130.

Barrett, P. (ed.), *The Collected Papers of C. Darwin,* vol. II, Chicago, Chicago University Press, 1977.

Bernard, C. [1865], *Introduction a l'étude de la médecine experiméntale*, París, Flammarion, 1984.

Boesinger, E., "Evolutionary Biology in France at the Time of Evolutionary Synthesis", en E. Mayr y W. Provine (eds.), *The Evolutionary Synthesis*, Cambridge, Harvard University Press, 1998, pp. 309-320.

Bowler, P., *El eclipse del darwinismo*, Barcelona, Labor, 1985.

———, Evolution, Berkeley, University of California Press, 1989.

Brandon, R., "La téléologie dans les systèmes a organisation naturelle", en Feltz, B., M. Crommelink y Ph. Goujon (eds.), *Auto-organisation et émergence dans les sciences de la vie*, Bruselas, Ousia, 1999, pp. 383-404.

———, *Concepts and Methods in Evolutionary Biology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

———, *Adaptation and Environment*, Princeton, Princeton University Press, 1990.

Buican, D., *Histoire de la génétique et de l'évolutionisme en France*, París, PUF, 1984.

Campbell, D., "Variación injustificada y retención selectiva en los descubrimientos científicos", en Ayala F. y T. Dobzhansky (eds.), *Estudios sobre la filosofía de la biología*, Barcelona, Ariel, 1983, pp. 188-217.

Caponi, G., "Biología funcional *vs*. biología evolutiva", en *Episteme*, 2001a;12:23-46.

———, "Función y adaptación: dos modos de la teleología", en Caracciolo R. y D. Letzen (eds.), *Epistemología e historia de la ciencia*, vol. VII, núm. 7, 2001, pp. 66-71.

———, "La regla de Darwin", en *Principia*, 2000a;1(IV):27-77.

———, "Cómo y por qué de lo viviente", en *Ludus Vitalis*, 2000b;14(VIII):67-102.

———, "Hay más cosas todavía", *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 1999, Serie 3, vol. IX, núms.1-2, pp. 101-122.

Cassirer, E., *El problema del conocimiento IV*, México, FCE, 1948a.

———, *Kant, vida y doctrina*, México, FCE, 1948b.

Coleman, W., *La biología en el siglo XIX*, México, FCE, 1985.

Cronin, H., *The Ant and the Peacock*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

Crusafont Pairó, M., *El fenómeno vital,* Barcelona, Labor, 1967.

Cuenot, L., *Invention et finalité en biologie*, París, Flammarion, 1941.

Darwin, C. [1877], "The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insect", en Glick, T. y D. Kohn (eds.), *Darwin on Evolution,* Indianapolis, Hackett, 1996, pp. 283-290.

——— [1861], "On the two Forms, or Dimorphic Condition, in the Species of Primula, and on their Remarkable Sexual Relations", en P. Barrett, (ed.), *The Collected Papers of C. Darwin*, vol. II, Chicago, The Chicago University Press, 1977, pp. 45-63.

———, *The Various Contrivances by Which Orchids are Fertilised by Insects*, Nueva York, Appleton, 1886 (*apud* Ghiselin, 1983).

———, *On the Origin of Species*, Londres, Murray, 1859.

Darwin, F., *Charles Darwin, His Life Told in an Autobiographical Chapter and in a Se-*

lected Series of his Published Letters, Nueva York, D. Appleton and Company, 1892.

Dastre, A., *La vida y la muerte*, Madrid, Librería Gutemberg, 1906.

Dawkins, R., *The Blind Watchmaker*, Londres, Norton & Co., 1996.

———, *God's Utility Function*, Londres, Phoenix Paperback, 1995.

Dennett, D., "With a Little Help From My Friends", en Ross, D., A. Brook y D. Thompson (eds.), *Dennett's Philosophy*, Cambridge, MIT Press, 2000, pp. 327-388.

———, *Darwin's Dangerous Idea*, Londres, Penguin, 1995.

———, *La actitud intencional*, Barcelona, Gedisa, 1991.

Denton, M., *Évolution: une théorie en crise*, París, Flammarion, 1988.

Dobzhansky, T., "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution", en *American Biology Teacher*, 1973;35: 125-129.

Dobzhansky, T., F. Ayala, L. Stebbins y J. Valentine, *Evolución*, Barcelona, Omega, 1980.

Eldredge, N., *Reinventing Darwin*, Londres, Phoenix, 1995.

Elster, J., *El cambio tecnológico*, Barcelona, Gedisa, 1992.

———, *Ulises y las sirenas*, México, FCE, 1989.

Feltz, B., M. Crommelink y Ph. Goujon (eds.), *Auto-organisation et émergence dans les sciences de la vie*, Bruselas, Ousia, 1999, pp. 383-404.

Garrido, M., "Biología y mecanicismo", en *Filosofía y ciencia en el pensamiento español contemporáneo (1960-1970)*, Madrid, Tecnos, 1973, pp.153-167.

Ghiselin, M., *Metaphysics and the Origin of Species*, Nueva York, SUNY, 1997.

———, "Darwin's Language may Seems Teleological but His Thinking is Another Matter", en *Biology and Phylosophy*, vol. IX, 1994, pp. 489-492.

———, *El triunfo de Darwin*, Madrid, Cátedra, 1983.

Gilson, E., *De Aristóteles a Darwin (y vuelta)*, Pamplona, EUNSA, 1976.

Glick, T. y D. Kohn (eds.), *Darwin on Evolution*, Indianapolis, Hackett, 1996.

Gould, S., *La vida maravillosa*, Barcelona, Crítica, 1991.

———, *Desde Darwin*, Madrid, Blume, 1983.

Gould, S. y E. Vrba, "Exaptation: a Missing Term in the Science of Form", en Allen C., M. Bekoff y G. Lauder (eds.), *Nature's Purposes: Analyses of Function and Design in Biology*, Cambridge, MIT Press, 1998, pp. 519-540.

Grassé, P., "Le projet de la évolution' (interrogé par É. Noel)", en *Le darwinisme aujourd'hui*, París, Seuil, 1979.

———, *La evolución de lo viviente*, Barcelona, Blume, 1977.

Grene, M., "La philosophie de la biologie dans les pays anglophones", en *Annales d'histoire et de philosophie du vivant*, 1999, vol. 2, pp. 9-14.

Haeckel, E., *El origen de la vida,* Buenos Aires, Tor, 1919.

———, *Natürliche Schöpfungsgeschichte*, Berlín, Reimer, 1898.

Herschel, J., *Physical Geography*, Edimburgh, Black, 1861.

Hookway, C. (ed.), *Minds, Machines and Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

Hull, D., "Historical Entities and Historical Narratives", en Hookway, C. (ed.), *Minds, Machines and Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986, pp. 25-37.

———, *Darwin and his Critics*, Chicago, The Chicago University Press, 1973.

Huxley, J. [1943], *La evolución: la síntesis moderna*, Buenos Aires, Losada, 1965.

Huxley, T., "Criticisms on The Origin of Species", en *Collected Papers*, Londres, MacMillan, 1894, pp. 80-116.

Jacob, F., "L'évolution sans projet' (interrogé par É. Noel)", en *Le darwinisme aujourd'hui*, París, Seuil, 1979.

———, *Évolution et réalisme,* París, Payot, 1974.

———, *La lógica de lo viviente*, Barcelona, Laia, 1973.

———, *Les causes finales*, París, Baillière, 1882.

Kant, I. [1790], *Crítica de la facultad de juzgar*, Caracas, Monte Ávila, 1992.

Koestler, A., *Beyond Reductionism,* Londres, Hutchinson & Co., 1969.

Kölliker, R., *Über die Darwinische Schöpfunstheorie*, Leipzig, Vortrag, 1864.

Krieger, G., "Transmografying Teleological Talk?", en *History and Philosophy of Life Sciences*, 1998;1(xx):3-34.

Lecourt, D., *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, París, PUF, 1999.

Leinfellner, W., "Foundations of the Theory of Evolution or the Merging of Different Models to a New Theory of Evolution: Social Methods in the Biological Sciences", en Weingerter P. y G. Dorn (eds.), *Foundations of Biology*, Viena, Holder-Pichler-Tempsky, 1986, pp. 3-32.

Lennox, J., "Teleology by Another Name", en *Biology and Phylosophy,* 1994;(IX):493-495.

———, "Darwin was a Teleologist?", en *Biology & Philosophy*, 1993;(VIII):409-421.

Lenoir, T., *The Strategy of life*, Chicago, The Chicago University Press, 1989.

Lewontin, R., *The Tiple Helix,* Cambridge, Harvard University Press, 2000.

Limoges, C. [1980], "The Arrival of Neo-Darwinism in France", en E. Mayr y W. Provine (eds.), *The Evolutionary Synthesis*, Cambridge, Harvard University Press, 1998, pp. 322-328.

———, *La selección natural*, México, Siglo XXI, 1976.

Linné, C. [1760], *L'équilibre de la nature*. Traducido por B. Jazmín; introducción y notas por C. Limoges, París, Vrin, 1972.

Lorenz, K., *Os fundamentos da etologia*, San Paulo, UNESP, 1981.

Martínez, S., "Sobre la relación entre teoría y causalidad en la biología", en Martínez, S. y A. Barahona (eds.), *Historia y explicación en biología*, México, FCE, 1998, pp. 23-41.

Martínez, S. y A. Barahona (eds.), *Historia y explicación en biología*, México, FCE, 1998, pp. 495-510.

Martínez, S., "Una respuesta al desafío de Campbell: la evolución y el atrincheramiento de las técnicas", en Martínez, S. y L. Olivé (eds.), *Epistemología evolucionista*, México, Paidós/UNAM, 1997, pp. 221-242.

Maturana, H. y F. Varela, *De máquinas y organismos*, Chile, Editorial Universitaria, 1994.

Maynard Smith, J., "Optimization Theory in Evolution", en Sober, E. (ed.), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, Cambridge, MIT Press, 1997, pp. 91-118.

———, *Evolution and the Theory of Games*, Cambridge, Cambridge University Press, 1976.

Mayr, E., "The Multiple Meanings of Teleological", en *History and Philosophy of Life Sciences*, 1998a;1(xx):35-40.

———, "Los múltiples significados de teleológico", en Martínez, S. y A. Barahona (eds.), *Historia y explicación en biología*, México, FCE, 1998, pp. 431-460.

———, *O desenvolvimento do pensamento biológico*, Brasilia, Editora UnB, 1998c.

———, *Así es la biología*, Madrid, Debate, 1998d.

———, *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*, Barcelona, Crítica, 1992.

———, *Toward a New Philosophy of Biology*, Cambridge, Harvard, 1988.

———, "The Concept of Finality in Darwin and after Darwin", en *Scienta*, 1983, vol. 118, pp. 97-117.

——— [1979], "La evolución", en *Scientific American: Evolución*, en Mayr, E. y W. Provine (eds.), *The Evolutionary Synthesis*, Cambridge, Harvard University Press, 1998 (Los Libros de Investigación y Ciencia), pp. 309-320.

———, *Evolution and the Diversity of Life*, Cambridge, Harvard University Press, 1976.

Mc Neill, A., *Optima for Animals*, Princeton, Princeton University Press, 1996.

Mérö, L., *Les aléas de la raison: de la théorie des jeux à la psychologie*, París, Senil, 2000.

Monod, J., *El azar y la necesidad*, Barcelona, Barral, 1971.

———, "Lección inaugural de la cátedra de biología del Collège de France", en Senent-Josa, J. (ed.), *Del idealismo físico al idealismo biológico*, Barcelona, Cuadernos Anagrama, 1967, pp. 10-43.

Montalenti, G., "Desde Aristóteles hasta Demócrito vía Darwin: breve perspectiva de un largo recorrido histórico y lógico", en Ayala, F. y T. Dobzhansky (eds.), *Estudios sobre la filosofía de la biología*, Barcelona, Ariel, 1983, pp. 25-44.

Müeller, U., "Evolutionary Explanations from a Philosophy of Science Point of View", en Hegselmann, R., U. Müeller y K. Troitzsch (eds.), *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*, Dordrecht, Kluwer, 1996.

Müller, F. [1790], *Fatos y argumentos a favor de Darwin (Für Darwin),* Río de Janeiro, FCC, 1990.

Nordenskiöld, E., *Evolución histórica de las ciencias biológicas* (Trad. de *The History of Biology: a Survey*), Buenos Aires, Espasa Calpe, 1929.

Paley, W. [1805], "Natural Theology (extract)", en Ruse, M. (ed.), *But is it Science?*, Nueva York, Prometheus Books, 1996, pp. 46-49.

Pittendrigh, C. [1970], *Carta a Ersnt Mayr del 26 de febrero*, *apud* Mayr, 1998b, pp. 440-441, y Mayr, 1976, pp. 391-392.

———, "Adaptation, Natural Selection and Behavior", en Roe, A. y G. Simpson (eds.), *Behavior and Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1958, pp. 390-416.

Popper, K., *Búsqueda sin término*, Madrid, Tecnos, 1977.

———, *Conocimiento objetivo*, Madrid, Tecnos, 1974.

Revé, H. y Sherman, W., "An Operational, non-Historical Definition of Adaptation", en *Quarterly Review of Biology*, 1993;68(1):1-32.

Roe, A y Simpson, G. (eds.), *Behavior and Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1958.

Rosemberg, A., *The Structure of Biological Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985.

———, N. Wiener y J. Bigelow, "Behavior, Purpose and Teleology", en *Philosophy of Science*, 1943;(x):18-24.

Rostand, J., *Les grands courants de la biologie*, París, Gallimard, 1951.

Ruse M., (ed.), *But is it Science?*, Nueva York, Prometheus Books, 1996.

———, *La revolución darvinista*, Madrid, Alianza, 1983.

———, *La filosofía de la biología*, Madrid, Alianza, 1979.

Russell, E., *Form and Function*, Londres, Murray, 1916.

Rutkiewicz, B., *L'individualisation, l'evolution et le finalisme biologique*, París, Vrin, 1933.

Sedgwick, A., "Objections to Mr. Darwin's Theory of the Origin of Species", en *The Spectator*, Londres, 7 de abril de 1860.

Simon, H., *The Sciences of the Artificial*, Boston, The MIT Press, 1996.

Simpson, G., *La biología y el hombre*, Buenos Aires, Pleamar, 1974.

Smith, C., *El problema de la vida,* Madrid, Alianza, 1977.

Sober, E. (ed.), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology,* Cambridge, MIT Press, 1997.

———, *The Nature of Selection*, Chicago, The University of Chicago Press, 1993a.

———, *Philosophy of Biology*, Oxford, Oxford University Press, 1993b.

———, "Force and Disposition in Evolutionary Biology", en Hookway, C. (ed.), *Minds, Machines and Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986, pp. 43-62.

Solanet, E., *Pelajes criollos*, Buenos Aires, Editorial Agropecuario, 1940.

Sterelny, K. y Griffiths, P., *Sex and Death: An Introduction to the Philosophy of Biology*, Chicago, University of Chicago Press, 1999.

Taylor, G. R., *El gran misterio de la evolución*, Buenos Aires, Sudamericana, 1983.

Theilard de Chardin, P., *Le phénomène humain*, París, Senil, 1955.

Uexküll, J. [1922], *Ideas para una concepción biológica del mundo*, Buenos Aires, Espasa-Calpe, 1945.

Von Mises [1966], *La acción humana*, Madrid, Unión, 1980.

———, *Teoría e historia,* Madrid, Unión, 1975.

Von Wrigth, H., *Explicación y comprensión*, Madrid, Alianza, 1980.

Wagensberg, J. y Agustí, J. (eds.), *El progreso*, Barcelona, Tusquets, 1998.

Wainwright, S., W. Biggs, J. Curie y J. Gosline, *Diseño mecánico de organismos*, Madrid, Blume, 1980.

Webster's New World Dictionary of the American Language (College Edition), Cleveland, The World Publishing Company, 1960.

Weibel, E., *The Optimization and Symmorphosis Debate*, Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

Weiner, F. (ed.), *Laws of Nature,* Berlín, Springer, 1995.

Weingerter, P. y Dorn, G. (eds.), *Foundations of Biology,* Viena, Holder-Pichler-Tempsky, 1986.

Werner, D., *Sexo, símbolo e solidariedade*, Florianópolis, UFSC, 1999.

Williams, G., *Plan and Purpose in Nature,* Londres, Phoenix Paperback, 1997.

———, *Adaptation and Natural Selection*, Princeton, Princeton University Press, 1996.

Williams, G. y R. Nesse, *Evolution and Healing*, Londres, Phoenix Paperback, 1996.

Wright, L. [1973], "Functions", en Allen, C., M. Bekoff y G. Lauder (eds.), *Nature's Purposes: Analyses of Function and Design in Biology*, Cambridge, MIT Press, 1998, pp. 51-78.

CAPÍTULO 16

AGAINST "REVOLUTION" AND "EVOLUTION"

Jonathan Hodge

ABSTRACT

The standard historiographic themes of "evolution" and "revolution" need replacing. They perpetuate mid-Victorian scientists' history of science. Historians' history of science does well to take in the long run from the Greek and Hebrew heritages on and to work at avoiding misleading anachronism and teleology. As an alternative to the usual "evo-revo" themes, a historiography of origins and species, of cosmologies (including microcosmogonies and macrocosmogonies) and ontologies is developed here. The advantages of such a historiography are illustrated by looking briefly at a number of transitions: the transition from Greek and Hebrew doctrines to their integrations by medieval authors; the transition from the Platonist, Aristotelian, Christian Aquinas to the Newtonian Buffon and to the no less Newtonian Lamarck; departures the early Darwin made away from Lamarck's and from Lyell's views. Issues concerning historical thinking about nature, concerning essentialism and concerning classification are addressed in an attempt to challenge customary stereotypes. Questions about originality and influence are raised, especially concerning Darwin's "tree of life" scheme. The broader historiography of Darwinian science as a social ideology and as a "worldview" is examined and the scope for revisions emphasised. Throughout, graduate students are encouraged to see this topic area not as worked out but as full of opportunities for fresh contributions.

THE NEED FOR HISTORIOGRAPHICAL CRITIQUES AND ALTERNATIVES

The negative thesis of this paper is that historians of science should abandon any notion of a Darwinian revolution. The positive thesis is that other historiographies can be developed, especially by younger people in the years ahead.[1]

[1] Among professional historians of science, the most widely read current practitioners of what I call "evo-revo" historiography are probably Peter Bowler, Robert Richards and Michael Ruse. Their invaluable books are discussed and cited extensively elsewhere in this issue of the journal. "Evo-revo" themes are prominent in a recent general history of modern biology by another professional: Sapp, 2003. My own critiques of those

There are some reasons for giving up all talk of a "Darwinian revolution" that are very general reasons indeed:

1. Go to the literature on political theory and political history –the home ground of "revolution" talk obviously– and one finds no agreement about the nature, causes and consequences of revolutions. Likewise for the philosophy of science: the various attempts to borrow "revolution" talk for characterisations of change in science have proved conspicuously unpersuasive.
2. If a revolutionary change in science is a sudden, total and irreversible regime shift, then historical scholarship has found no convincing cases. Whenever there has been a fundamental change in science, it has not proceeded both suddenly and as a shift from one exclusive consensus of beliefs, practices and authorities to another such unitary consensus.
3. Historians in various fields are currently questioning "revolution" as an interpretative category. Even historians of Europe in the "age of revolutions" (roughly 1789–1848) are warier of the category than they were. Again, the "Industrial Revolution" is now widely regarded as a misleading concept. Equally, the concept of "the Scientific Revolution" (roughly 1543–1687) has been deliberately discarded by many specialists in that period.

For these three reasons, it is surely an inappropriate moment to reaffirm an uncritical commitment to a "Darwinian revolution." More positively, this could be a good time to encourage graduate students to do without this commitment.

The appropriateness of their doing so can be confirmed by two further considerations arising directly from the history of Darwinian science:

4. It can often aid assessment of a historiographical tradition to examine its original rationale. The notion of a "Darwinian revolution" was first promoted by Darwin's supporters in the 1860s, in efforts to convince people that Darwin had wrought such a comprehensive and irresistible transformation of biological science that, as in a political revolution, no compromise with the old regime was possible. Ever since Darwin, the notion has served the partisan purposes of evolutionary biologists. Moreover, in recent decades, a much younger profession, history of science, has increasingly adopted this same mid-Victorian scientists' historiography. This adoption is surprising because a contrast is often drawn between scientists' history of science

themes and proposals about alternatives have been developed in various articles drawn on and listed in Hodge, (1990, 1991) and Hodge and Radick (2003), and, mostly, included in the History of Science, Technology and Medicine bibliographic database available online through many institutions. The present paper has benefited greatly from suggestions made by Gar Allen, Jane Maienschein and Michael Ruse in their extensive and helpful comments on an earlier version.

and historians' history of science and because historians of science are trained and paid to exemplify this contrast by keeping their critical distance from scientists' partisan views within and about science. More positively, any graduate student wanting to do historians' history of science should want to do without any "Darwinian revolution" historiography.

5. To go with their "revolution" theme, Darwin's earliest supporters composed an "evolution" theme. For they insisted that "evolution"–identified by them as a modern, scientific idea to be contrasted with "creation" as an ancient, religious idea– had matured gradually over centuries before its sudden, revolutionary triumph with Darwin. Surprisingly, this "evo-revo" historiographical package still dominates professional history of science today. To be sure, it is now proposed that the "evolution" that triumphed in the nineteenth century was not evolution by Darwinian natural selection, but evolution by other, non-Darwinian, means (orthogenesis, mutation, inheritance of acquired characters, and so on), so there was an "evolution revolution" but not a "Darwinian evolution revolution." Again, one is told that evolution in the eighteenth century was conceived as a serial escalation, not, as it would be later, as an arboriform descent. And, it is emphasised that the word "evolution" changed its meaning between the 1680s and the 1860s. All these theses are, however, offered as variations on the old "evo-revo" themes, not as replacements for them. The meanings and uses of the word "evolution" are not merely indispensable resources for all such variations on "evo-revo" themes. They have become essential to the very professional identity of those scholars who now categorise themselves as "historians of evolutionary biology." This collective self-categorisation is, however, oxymoronic, insofar as it is inconsistent with the aims and practices of historians' rather than scientists' history of science. The positive corollary of this inconsistency is, fortunately, that any graduate students seeking alternatives to the traditional "evo-revo" enterprise can find their motivation in their very ambition to understand science historically.

This articulation of five reasons for abandoning this enterprise has been designed to gently prompt discussion of very broad issues going beyond debates within the Darwin industry. Graduate students sometimes say that their specialist duties leave no time for big picture questions; or they urge that in their field, as elsewhere in our post-modern epoch, edification is found in what is local not global. This section of this paper suggests that not all the worthwhile questions are narrow ones.

THE VERY LONG RUN

In any effort to think about the history of science more as historians and less as scientists do, it often helps to adopt three strate-

gies: first, to go back a very long way, well before today's theories were thought of; second, to set aside the terminology of today's theories and to work instead with the terms of those older times; third, to settle on some early starting points that can be seen as points of departures so that what people do next is understood as various movements away from what came earlier rather than as movements toward what will come later. In sum, one goes for the very long run while trying to avoid question-begging anachronism and teleology.

For all Western thought, the very long run means, predominantly, two ancient heritages: the Hellenic and the Hebrew. On the Hellenic side, an obvious starting point is Parmenides' fifth century BCE conclusions about being; that is, for those conclusions explicitly precluded any truthful knowledge of origins or *archai*. Theorists about *archai* as diverse as Plato, Aristotle, Democritus and Empedocles were soon disagreeing over how to avoid Parmenides' impasse. The contrast between Plato and Democritus, is especially instructive. For Plato's ontology and cosmogony, species, *eide*, as forms, are beings and are *archai*, origins so original that they cannot have origins. For Democritus, atoms are beings, and with the beingless void are *archai*, origins for the whole cosmos, including its species.

Generalising from such post-Parmenidean contrasts and comparisons suggests one way –there might be others obviously– to avoid the question-begging anachronism and teleology inherent in any "evolution" historiography: namely, to stop thinking of oneself as a historian of evolution –as idea, concept or theory– and switch instead to being a historian of accounts of origins and species, or, more comprehensively, a historian of cosmologies (including cosmogonies) and ontologies.

This switch helps no less on the Hebrew side in general, and with the book of *Genesis* in particular, which was in its final form by about 400 BCE. For the earliest translators of its Hebrew into Greek read it, too, as an account of beginnings and kinds (*archai* and *gene*). Further, in studying the works that integrated the Hebrew and Hellenic accounts, works by such authors as Philo Judaeus in the first century CE, Augustine in the fourth and Aquinas in the thirteenth, one can confirm the advantages of this switch. For it allows justice to be done to both the agreements and the disagreements in these works. With these authors' common preference for the Platonic over the Democritean legacy, species as Forms, now construed as Ideas within the Divine Mind, are given their origin in God. However, Augustine integrates these Ideas with the Stoics' "seminal reasons" in understanding how all individuals that would ever live of every species were made as invisible seeds at the first of time moment of creation and; whereas Aquinas integrates the ideas with Aristotle's account of forms and matter in arguing that new individuals, but not new species, do arise in the ordinary course of nature since the cosmos was given its constitution of forms, specific natures, in the first six days.

Not that mere attention to such authors offers circumvention of "evo-revo" themes. Indeed, sadly, some theologians have proclaimed Augustine an "evolutionist" while others translate Aquinas' Latin for "more perfect" as "more evolved." Theologians' history of theology can be no more congruent with historians' history of science than the histories biologists and philosophers write. However, what attending to the medieval syntheses of the Hebrew and Hellenic legacies can do, if one allows it to, is to bring into focus indispensable issues concerning forms, laws and order.

Consider how Aquinas, as a Christian Platonist and Aristotelian, construes the constitution given the universe by God. Like the Hebrews' God, Aquinas' is a giver of laws. But, these are laws for Aristotelian specific natures: one law for lions, to act in accord with their nature and so to perpetuate their specific kind, another for tigers. With as many laws as there are specific natures or forms, Aquinas' is a universe ordered, as Plato's and Aristotle's were by forms. As the *archai*, the *principia*, of the lawful order of nature, species are origins that can have no origins within that lawful order. What is more, with the universe an Aristotelian cosmos, for God to create and order the cosmos is for him to make a spherical, stationary earth, surrounded with spherical heavens, so that there is no geogony distinct from the entire cosmogony.

Fast forward next from Aquinas' Paris in the 1270s to Buffon's in the 1770s. The laws of nature are now not the numerous laws of Aristotelian specific natures but the few universal Newtonian laws for matter everywhere moved by the passive force of inertia and the active attractive and repulsive forces of gravity, heat, electricity and magnetism. What is more, the earth as a planet and its inhabitants, the individuals and their species, can have their origins long after the universe, with its numerous suns and comets, first conformed to those laws, in a cosmos not ordered in accord with specific forms, but in accord with those universal laws. By tracking these cosmogonical and ontological themes throughout Buffon's natural philosophy and natural history, one can read him as he wrote: as someone responding to the departures he knew the seventeenth century had made from the thirteenth rather than reading him as someone preparing the way for the nineteenth century.

As Buffon knew, Descartes in the 1640s had produced the first geogony that presupposed that the earth was a planet of the sun and that matter had one common essential nature with universal laws for its motions throughout a universe indefinite in extent, and with lawful motions before the earth was formed from its vertical antecedents. Burnet, in the 1680s, had integrated the Biblical narrative with this new Cartesian natural philosophy and cosmology while Whiston, in 1696, had integrated that narrative with Newton's alternative account of matter, the laws of motion and gravitational force. Whiston had, however, explicitly judged various productions beyond the powers of this lawful Newtonian nature and credited them to Divine miracles. The

earth's orbit required such a miracle, for instance, and, invoking the new theory of pre-existent germs, *embotement*, Whiston has God miraculously making every individual that will ever live, small but perfectly formed, boxed up in the first members of their species.

Buffon deliberately constructed a Newtonian macrocosmogony for the solar system and for the earth and a no less Newtonian microcosmogony for living beings that included no such miracles and no appeal to Biblical chronologies. His two cosmogonies appeal to the attractive power of gravity and the repulsive power of heat working with the inertial power of all matter. Heat acting on certain brute matters produces organic molecules. These molecules could, when the earth was much hotter and so nature more powerful than today, form even the grandest animals in spontaneous generations.

A synopsis of Buffon's integration of his macrocosmogony and microcosmogony, and so of his natural philosophy and natural history, allows one to see how Lamarck relates to Buffon. Lamarck's principal claim, from 1800 on, was that all living bodies are nature's productions. The simplest are produced directly in spontaneous generations; the more complex indirectly over vast eons and countless generations by the constant, recurrent complexification of the simplest, a complexification due to the action, within all organised bodies, of contained fluids moving within a matrix of solid containing parts. There is no single scale of organisational perfection, nor, therefore, any single chain of all being, rather several series. These series are series not of species, but of large families and classes. The true classification, arrangement and grading of these classes gives then the natural order of production. For the Newtonian Lamarck, as for Buffon, nature's ultimate active powers are the attractive and repulsive forces of gravity and heat. But, for Lamarck, the intermediaries in the production of animals and plants are not any organic molecules (explicitly discredited by his theory of mineral composition) able in ancient hotter times to assemble themselves as readily into a mammoth as they do now into an infusorian. There has been no planetary cooling, thanks to the endless recycling of the matter of heat through the sun. So, nature never had greater powers than she now has to produce directly animal and plant organisation. The intermediaries, all that nature has ever been able to produce directly, are the simplest plants and animals. The successive, progressive production over eons of all the others, which requires the indefinite mutability of species, is required by the limitations and constancy in nature's powers of direct production.

By concentrating on his main arguments for his principal claims, one can understand Lamarck's theory sing as he did: as a new Newtonian alternative to Buffon's earlier Newtonian alternative to *embotement* and pre-existent germs. One can also then place Lamarck in the very long run of cosmologies and ontologies. By embracing explicitly a cosmology with a stable solar system and stable terrestrial heat, Lamarck circumvents macrocosmogonical challenges; but his account of spontaneous generations and of

the inner fluid actions with inorganised bodies is a microcosmogony no less than was Buffon's account of organic molecules and internal molds. Equally, his Newtonian natural philosophy of subtle fluids, attractive and repulsive in the forces they exert, is just as much an ontology as Buffon's no less Newtonian natural philosophy of heat and gravity.

WIDER ISSUES

By understanding Lamarck's theory as he did, as a theory of the direct and indirect production of organised bodies rather than as a "theory of evolution," one is prompted to ask why he formulated it as he did, in those terms, with those assertions and arguments. Experience from teaching Lamarck in this way shows that insisting on a total ban on all "evolution" talk is necessary if not sufficient to get such historical questioning underway. None of the reasons historians have given for retaining "our" talk of "evolution" (or of "transformism" and the rest), rather than adopting Lamarck's own terms in discussing his theories, is remotely respectable or convincing as graduate students trying to understand Lamarck can confirm for themselves by simply dispensing with "our" talk and all other unhelpful anachronisms, including those unfortunately infecting many translations of his writings.

As for teleology, good teleology can drive out bad if one lets it. The bad teleology reads Lamarck as preparing the way for Darwin or as groping his way towards Darwinian views. All such readings can be avoided by asking what Lamarck understood his intentions, ambitions and goals to be. To ask these good teleological questions requires the historian to break various taboos that sundry behaviourists, eliminative materialists and poststructuralists would impose on what can be said about people, their actions, beliefs, desires and motives. But, since most insightful and instructive ways of understanding what people have done require breaking these taboos, the historian of science would do well not to credit the authors of these taboos with too much authority.

The good teleology of intentions can aid in appreciating what is wrong and what is not in "postcursor" and "precursor" talk. Lamarck thought and wrote as a knowing postcursor of Buffon. Darwin later would think and write no less knowingly as a postcursor of Lamarck. Is Lamarck then a precursor of Darwin? In one sense, no: Lamarck obviously could not understand himself as such and so could not be influenced by such an understanding, and the historian cannot then be aided in understanding why Lamarck did what he did by categorising him as a precursor of Darwin. No less obviously, however, a historian can be aided in understanding why Darwin thought and wrote as he did by appreciating how Darwin saw Lamarck as one of his precursors. Attend to chronology, intentions and influences, just as one does in reading a novel or a newspaper, and the fallacies about "precursors" can be avoided; but notice how diffcult the fallacies are to

articulate and discredit if one signs up to a historiography that forbids, as some historiographies have, taking intentions and influences, and so influences on intentions and intentions as influences, into account.

Lamarck, needless to say, was not merely a postcursor of Buffon, he was a postcursor too of Linnaeus. Familiarly enough, mid-to-late 1700s natural history was dominated by Buffon and Linnaeus who had deeply different agendas of inquiry and explanation. Buffon's agenda was predominantly cosmogonical; Linnaeus, by contrast, saw himself extending and reforming the systematic or taxonomic enterprise already pursued by Ray, Tournefort and before them Cesalpino and the Renaissance Italian's ancient master Aristotle. (Historians now question this Linnean view of Aristotle, but that point is not pertinent here). Buffon had repudiated the coherence and value of this enterprise, especially its quest for a natural rather than artificial system of classification; while Linnaeus had (not forgetting his account of Eden) left macrocosmogonical theories of the earth and (not forgetting his cortex and medulla proposals) microcosmogonical theories of generation mostly to others; accordingly, he did not engage the newer natural philosophies of the Cartesians and Newtonians. These contrasts make entirely implausible any historiography, such as Foucault's, that has Buffon and Linnaeus singing off the same *episteme*, the same structuring rules for discourse. More generally, thanks to their deep debts to the positivist Comte, Foucault and his mentor Canguilhem, they can offer little help in doing historians' rather than scientists' history of science.

Faced with the contrasting legacies left by Buffon and Linnaeus, historians of science have to make up their minds about various very wide issues that, once again, connect with the very long run from ancient to modern times. Four clusters of such issues are introduced in the balance of this section of this paper: essentialism; historical thinking about nature; classifications, arrangements and gradings; and arboriform representations.

Provoked by Mayr's sweeping claims that almost all pre-Darwinian authors could not be "evolutionists" because they were, like Plato, "essentialists" about species, recent revisionists have emphasised how many were not essentialists. This revisionism is salutary; but its scope is too limited by what it opposes. It does not take in issues about species as Forms and so as *archai*; nor issues about different accounts for different kinds of kinds. Plato gave Triangle, Man, Fire and Justice a unified ontological account. With Locke in 1690, geometric figures and ethical norms are not on the same footing as the real and nominal essences of gold, chalk and tigers. By 1800, chemical elements, mineral sorts and organic species are being given explicitly distinct treatments. Moreover, when studying conceptions of species, the historian does not always do best to follow Mayr and his revisionist opponents in looking mostly at the doctrines and practices of systematic botanists and zoologists. It was not as a systematist, but as a cosmogonist, natural philosopher and writer on the vari-

eties of humankind, that Buffon integrated his thinking about species with his theorising about organic molecules and about internal molds; those more or less stable, self-perpetuating configurations of active, penetrating Newtonian forces responsible, as Buffon held, for the distinct reproductive successions of individuals constituting distinct species. Again, around 1800, the most sustained discussions of what it is to be a species are by authors such as Blumenbach and Prichard writing on whether humankind is one species or many. In the early 1830s, it will be the geologist Lyell, much indebted to Prichard, who will write at greater length than anyone else had ever done in answering questions explicitly about species, and who will consequently have the greatest influence on the early Darwin's thinking about species.

Fresh historiographic stances need equally to be taken concerning history and time. Consider the standard stereotypings. The Greeks, it is routinely remarked, did space and geometry and vision; the Hebrews time, history and hearing. For Greeks time was a circle, for Hebrews a line. Seventeenth-century science, as represented by Descartes, was geometrical, and had to be repudiated by humanists to make possible a science of history. Newton had a boring repetitive universe, Locke a fixed human nature, and the French Enlightenment followed them in these views; only later did German counter-Enlightenment thinkers liberate Western thought from this heritage, and show the world how to think historically about nature and man. "Holists" (such as Hegel) are more historical thinkers than "atomists" (such as Bentham). Deists (such as Hutton and Lyell) do ahistorical science, like Greeks, while, like Hebrews, Christians such as Cuvier and Buckland do historical science.

There are plentiful grounds for challenging these stereotypings. Unhelpful chauvinisms and axe-grindings abound on these topics, most obviously German and Christian chauvinisms and axe-grindings. And, in any case, a historiography of cosmologies and ontologies may just lead to direct discreditings of these stereotypings. Burnet, Whiston and Buffon were thinking historically about the earth because and not despite of the influence on them of Descartes and Newton. Darwin learned to do historical, that is geological, biogeography not from the German Romantic Humboldt –who explicitly excluded geology from his geography– but from the Scots Enlightenment deist Lyell. More generally, it may well be misleading to assume that as a more "evolutionary" thinker than Buffon, Lamarck must have been more of a "historical" thinker also; misleading, for there is much more in Buffon's treatment of the Old and New Worlds that is historical and geographical than there is in Lamarck's works. So, "evolution" talk can only mislead here, too. Again, any suggestion that spatial thinking and temporal thinking exclude one another can be unhelpful. To understand the history of life or of society as full of contingencies rather than as dominated by necessitation may well require taking geographical accidents –chance migrations, invasions and

other happenstance encounters– into account. Geographical views of history may then be usefully contrasted with what could be called developmental views that give less emphasis to circumstantial contingency. Whatever one decides on as a historian of science, it is manifest that one needs to be willing to challenge the usual distinctions, contrasts and comparisons invoked by the standard stereotypings and often perpetuated by "evolution" themes.

On turning to taxonomic science, it may seem that larger issues and longer runs are less relevant, but this impression can be misleading. Classification was not, in the decades after Linnaeus and Buffon, as simple an activity as that name may indicate, suggesting as it does merely the assembling and dividing of groups. For, associated with classifying were two other practices: arranging and grading. Thus, as a classifier, someone might group together all the backboned animals, and then divide this Vertebrate group into four divisions: Birds, Fishes, Reptiles and Mammals; and these divisions might be taken as natural not artificial. If so, he or she might then decide that these four are not equally close to one another in overall character or natural affinity, and so arrange them at the four corners of a rectangle, or at different points along a line. Going further, it might be judged that the Mammals are the highest in their degree or grade of organisational perfection, with Birds next and then Reptiles and Fishes.

What makes the interpretation of this classifying, arranging and grading so instructive for a historian are presuppositions about designs and degrees in structure and function, presuppositions tracing all the way back to Plato and Aristotle and other ancients. Take Fishes and Birds for instance. Ancients and Moderns could agree that all Fishes are alike in structure and function because they are fitted for swimming in water; and as for Birds, they resemble each other and differ from Fishes because they are fitted for flying in air. But consider now the resemblances between Birds and Fishes and how both groups differ from insects. Here, reference to adaptation, to designs and fittings to this or that way of life, may seem explanatorily inadequate. And for centuries, appeals were made to differences and similarities in degrees of animation or, later, organisation. Insects were so different in structure and function because they were so much lower in degree. Conversely, the resemblances between Fishes and Birds are due to their closeness in degree of perfection.

Note the explanatory priority given to degrees or grades. The resemblance, the likeness in structure and function, is explained by reference to the closeness in degree, not the other way round. Note, too, that the explanatory appeal presupposes a definite limitation. For any one degree or level, structure and function are uniquely determined. There is only one way to be structured and to be functioning at that degree or level of animation or organisation. This presupposition is made not only about mankind at the highest level but throughout the series. Degree or level judgements could therefore condition arranging and classify-

ing decisions, for if two groups are judged to be close in degree of organisation, it follows that they must be alike in the character of their organisation and so should be placed close to one another in an arrangement by affinity and grouped together in a natural classification.

Once recognised, this ancient explanatory tradition can be seen living on in various versions in the eighteenth and nineteenth centuries. Buffon explains why similar or different animals and plants are formed at particular times and places by referring to the different or similar degrees of heat active there and consequently the different or similar levels of organisation produced. Lamarck assumes that whenever the same degree of organisational perfection has been reached by successive complexifications, then animals of the same type will have been produced. Chambers, in his 1844 *Vestiges of Creation*, explains what he takes to be the independent production of simian animals in the Old and New Worlds as due to life having risen to the same levels in each place; while mammals are missing from the Galapagos not because of migrational difficulties but because life there has not yet had time to develop to that high level.

A historian may reasonably make a conjecture on this topic. With the authors just mentioned, resemblances not referable to common adaptive needs are referred to common levels of perfection. In other authors, starting in the early nineteenth century, those resemblances will be referred instead to a common structural plan or archetype. Later, Darwin will refer them to a common inheritance from a single, common ancestral stock. The conjecture is, then, that common plan and common ancestor explanations came to replace common level explanations and so mark two ways of departing from a very ancient explanatory program indeed.

One virtue of such a conjecture is that it concentrates our minds on a central feature of Darwin's theory: namely, that it was a theory of common descent and that, in his view, common ancestries made appeals to common plans or common levels largely, if not entirely, explanatorily redundant. Hence the connection with trees and with branchings: obviously, branching tree diagrams are required in Darwin because his is a theory of common descents. However, it is seriously mistaken to assume that all arboriform representations in natural history have had a rationale consonant with that Darwinian rationale. For a start, one might distinguish (i) the practice, going back to ancient times, of representing the successive divisions in a classification as like tree branchings (ii) the practice common in the eighteenth century, if not earlier, of comparing a branching arrangement –as opposed to a linear or rectangular arrangement say– to a tree (iii) the branching diagrams in Lamarck's depiction of the order of production of some animal groups, and (iv) Darwin's tree of life representations of successive, branching species propagations. "Evolution" historiographies have consistently led even sophisticated analysts to assume, quite wrongly, that Lamarck and Darwin had the same rationale for their branching diagrams. Only by keeping from one's mind everything suggested

by the word "evolution" and by looking at Lamarck's and Darwin's very different assertions and arguments, can one appreciate that their reasons for invoking branches were entirely and very instructively different and not merely because Lamarck's branchings were not representing common descents.

So, even for the eighteenth and nineteenth centuries, an appropriate attention to the very long run can help in avoiding the anachronisms and the teleology inherent in "evolution" historiographies.

ORIGINALITY, INFLUENCE, "IDEAS" AND "WORLDVIEWS"

When scientists do the history of science they often ask how original, how influential and how true were the ideas of some great hero. Indeed, the greatness ratings depend largely on these judgements. Historians are usually content to leave questions about truth and decisions about greatness to scientists, but they do take questions about originality and influence to come within their remit. With Darwin, however, there has seemed recently to be an anomaly emerging. According to a long-standing formula, found even in texts by historians of science, Darwin's *Origin of Species* (1859) contains two ideas: evolution plus natural selection; and while the second was new, the first was not. Moreover, according to this formula, Darwin was influential because he made an old idea, evolution, credible by providing it with new adequate evidence and a new adequate cause. The anomaly has emerged then because historians are now agreed that the cause, natural selection, was accepted hardly at all for nearly half a century after Darwin's death in 1882. So, where Darwin was influential, as an evolutionist, he was not original; and where original, as a natural selectionist, he was not, until well into the twentieth century, influential.

There will be no quarrel with part of this anomaly here, the part concerning natural selection. When one looks at what others were doing before Darwin published, when one looks at Darwin's early, private notebook theorising before, during and after his gradual (several months) first arrival at his theory of natural selection, and when one looks at the long post-Darwinian run, then indeed, one has to conclude that in formulating and arguing for that theory as he did, Darwin was being highly original but was not successful in getting agreement from others, even if he influenced many people, negatively so to speak, by prompting them to disagree with him and to develop alternatives to his theory.

Leaving to other papers in this issue of this journal discussion of the origin and fate of the theory of natural selection, the balance of this paper will concentrate on "evolution" rather than on natural selection in Darwin. Needless to say, the first step must be to drop "evolution" talk and to stay with Darwin's terms: the "tree of life" and "common descent" and so on. Less obviously, it will be argued that help can be had in understanding how the *Origin* was received by looking again to Darwin's early notebooks and seeing how he arrived at his first ver-

sions of the tree of life scheme familiar from the *Origin*. To anticipate, help can be had for a simple enough reason. For when one sees how remarkably complicated was Darwin's arrival at those first versions of that scheme and when one sees how he only did so by departing in several major ways from anything that others had done before, then a very useful conclusion becomes hard to avoid. The conclusion is that it is entirely misleading to read Darwin in the *Origin* as providing "new evidence" for "an old idea," namely "evolution." Indeed, it is misleading to go on contrasting the newness of the "evidence" with the oldness of the "idea" because such an analysis does not concentrate our minds sufficiently on Darwin's argumentation. The tree of life scheme was novel in ways that required the evidential argumentation to be novel, too. What is more, in appreciating the novelty of both scheme and argumentation, one can begin to appreciate why many readers were persuaded to agree with Darwin, readers who had been unpersuaded by various earlier theorists, such as Chambers, often lumped with Darwin under the "evolution" theme. Here, then, by contrast with the theory of natural selection, one finds Darwin not only being novel in his arguments and in what he was arguing for but being persuasive because of rather than despite of that novelty.

As just one instance of what is involved, an uncontroversial instance, consider what many historians now agree upon: namely, that Darwin's tree of life scheme was the first comprehensive proposal for a theory of common descents; with, that is, branching and rebranching divergences descending from single, ancestral species to many diverse descendent species. For Darwin to argue, evidentially, for such a scheme in citing morphological facts, or in citing biogeographical facts, was for him to argue that the common structures in some order of species or the common origination in some region of some genus of species were most probably the result of a common ancestry rather than any other cause. So, readers who were persuaded by Darwin's argumentation were not won over by a new, unprecedented weight of evidence for an "old idea," but by new argumentation for a new scheme.

One could discern that much without going back to the notebooks just by comparing and contrasting Darwin's argumentation, what he was arguing from and to, with earlier publications by other authors. The notebooks can help, however, by alerting us to the novelty in the presuppositions and implications of Darwin's tree of life scheme. The most pertinent notebook pages are a mere four dozen at the opening of *Notebook B*, pages first filled by Darwin around July 1837. Once again, in understanding what Darwin is doing in these pages, one needs to read him as he wrote, as someone departing in various ways from Lyell's views and from Lyell's version of Lamarck's views and as someone given a lifelong preoccupation with generation (or reproduction) by his Edinburgh mentor, Grant, and as someone inspired by the precedent set by the chapter on generation

in the book *Zoonomia* (1794–1796), by his grandfather Erasmus Darwin.

For a start, consider the successive agreements and disagreements Darwin has with Lyell's views. In the two earliest years of the voyage (1831–1833), Darwin comes to embrace Lyell's account of the physical and organic worlds. His first disagreement about species concerns their extinctions. In 1835 and for the next three years, Darwin explains extinctions as due, not as Lyell held, to external competitive circumstances but to an inherent limitation on species lifetimes, analogous to an individual's lifetime limitation. Next, most likely around mid-1836, Darwin disagrees tentatively with Lyell's view that species are fixed in character and originate as independent, special creations. Then some months after returning to England, Darwin, in March 1837, decides to side with Lamarck's entire system as expounded and rejected in Lyell. Accordingly, *Notebook B* opens with a sketch for a comprehensive zoonomical system matching the precedent of Lyell's version of Lamarck. Very soon, however, that opening system has been revised and replaced by Darwin with another. This system for the first time includes a tree of life scheme like the one familiar from the *Origin*.

By keeping these successive departures from Lyell in mind, one can appreciate, also, how Darwin has made three departures from Lamarck's own version of Lamarck's system. Lyell's version of Lamarck departs fundamentally from Lamarck's own, not least because in Lyell's version the system is one of branching and rebranching common descents as it is not in Lamarck's own system. So, by siding with Lamarck in Lyell's version, Darwin has departed from Lamarck himself. Next, note that Darwin's opening notebook system makes further departures from Lyell's rendering of Lamarck. So, by the time one reaches the forty-fourth page of *Notebook B* and Darwin's revised replacement of his opening system, one needs to distinguish four successive systems: Lamarck's own; Lyell's version of it; Darwin's initial, modified emulation of that version; and, finally, Darwin's new replacement for his initial system.

It is worth facing up to the complexities in Darwin's successive agreements and disagreements with both Lyell and Lamarck for a fundamental reason. These two were uniquely and massively influential in Darwin's early theorising and so for all his later theorising. Yet his theories are hugely different from either of theirs. And there is no paradox here, as anyone can confirm who has studied the Aristotle–Plato or the Marx–Hegel relationships or Kant's relations with Hume and Leibniz. "Evo-revo" historiographies do not easily accommodate such relationships for they ask us to choose between saying that Darwin owed a lot to Lamarck so that Darwin's "evolution" is like Lamarck's "evolution" or saying that Darwin cannot have owed much to Lamarck because Darwin made a "revolutionary" break with all that went before. The trouble arises here because influence is taken to entail similarity, as in heredity. What is shown by a close study of the agreements

and disagreements in Darwin's successive departures from Lyell and Lamarck is that intellectual work, brainwork if one prefers, does not have to work that way.

As just one example of this general reflection, take a consideration that moved Darwin to replace his first with his second *Notebook B* system. In the first, he had tried to explain a manifold correlation: among animals with the highest grades of organisation, there were more branched and less linear affinities, shorter species lifetimes and greater character gaps than among lower animals. Now, what Darwin goes on to do with this correlation is not to give it a new explanation, rather he decides that greater gaps within and between groups correlate not with higher perfection in the groups but with greater taxonomic width. In the buddings and splittings in the tree of species branchings, when one ancestral species has a dozen descendent species, there must be eleven lines ending without splittings in extinctions, given (as Lyell taught) that the total species number is not increasing. In this greater multiplying of species in the diversifying descent of a large group, an order say rather than a genus, there will be many more extinctions and so bigger gaps of character within and between groups. In this arboriform process, any species as a quasi-individual is born, lives and dies but once and so likewise with any supraspecific group issuing from its single, ancestral species. Moreover, only one species in an ancestral group has had descendants in any particular offspring group, so there is no general tendency for fish species, say, to have mammalian descendants. One fish species did so once, due presumably to exceptional circumstances as all the rest have not. Darwin has here reached, therefore, an abstract, referentially anonymous scheme, like the one familiar from the *Origin*. Like that scheme, the diagramming for this scheme is labelled not with the names of particular groups, fish, say, or mammals, but only with letters and numbers representing quite abstractly the cumulative, arboriform outcome from the births, lives and deaths of species in any indefinitely long run of past time.

Darwin's new tree of life has now departed fundamentally from any scheme, such as Lamarck's own, of recurrent escalations of life through a given, permanent, array of higher and higher organisational types. So, while Darwin is explicit in holding that each individual mammal's ontogeny recapitulates the fish ancestry of the mammals, this is a recurrent ontogenetic recapitulation of a phylogenetic descent that has only happened once. Mammal embryos have causes within them ensuring that they all undergo that recapitulation, but there has been nothing within or without fishes ensuring any phylogenetic recurrence.

What *Notebook B* shows more vividly than the *Origin* is that Darwin drew not only on the branching structure of trees in his tree of life analogies. The growth of trees as colonies of buds was decisive too for this protégé of Grant and Erasmus Darwin, with his lifelong preoccupation with comparing and contrasting sexual and asexual generations and individual and colonial

lives. So, in this summer of 1837, the tree of life was conceived as growing asexually, for a group of offspring species issued from a single parental species not from a pairing of two. However, species propagations were in a sense quasi-sexual in that a species acted upon by altered circumstances was quasi-mating with those circumstances. Without the quasi-sexual influence of fresh circumstances, the species would die childless with no successor species when its limited vital duration expired just as, Darwin thought, any asexual tree grafting succession does. Like an asexual graft succession that avoids a childless death through a fresh sexual union, a species is saved from extinction without issue by its quasi-sexual interaction with fresh circumstances.

Even this brief sampling of Darwin's early tree of life theorising, with its ontology of species as quasi-individuals and quasi-buds, shows how misleading it would be to summarise his relationship to Lamarck by saying that they both had the "idea of evolution," but "evolution" was "linear" for the older man and "branching" for the younger. It shows, too, how terms, assertions and arguments make better analytic items to compare and contrast than "ideas." As the philosopher Davidson says somewhere, the very idea of an idea is not a very good idea.

It might be thought that Darwin's tree of life scheme of common ancestries has no room for any conception of levels or degrees of organisation. But Darwin does indeed eventually embrace just such a conception. It does not, however, come still accompanied by the old presupposition that made the character of any organisation uniquely limited by its degree of perfection. In the 1820s, Von Baer had deliberately distinguished the type from the degree of organisation so as to avoid that limitation. The degree of organisation is for him given by how much differentiation of structure there is. And different organisms with different structural differentiations with many different types of structure can be differentiated to the same degree, to the same level. Darwin, by the time the *Origin* was written, had adopted this view. Accordingly, he has progress reliably if not invariably accompanying adaptive divergence, for many different descendants from a common ancestor can all have higher levels of organisation than that ancestor without all having to be of the same character as each other. There are unlimitedly many ways of progressing beyond the ancestor. Progress in any one line of descent is obviously linear, but the different lines can progress in divergent ways. The embryos in any one line recapitulate the phylogeny of that line, but that does not limit the changes made nor then what is recapitulated in other lines of descent from the same ancestral stock. Nor are those lines limited in what can descend from them, and so it goes on: progress in the levels of organisation but without character limited by level.

Conceptions of progress are often, perhaps always and necessarily, associated with social ideologies. Historians insisting that there is more than mere biology going on

in Darwin's work have increasingly and rightly insisted that there is a social ideology there, too. This historiographical campaign is now won, and it is good that it is. There is room for revision here, too, however. In recent decades, the long run of England's social and economic life has been heavily reinterpreted so that, for example, many Marxists and others now think Marx and Engels and others mistaken about who the ruling class was in the society Darwin grew up in. The time has come then to question the standard typing of the Darwins as middle class and of Darwinian science as bourgeois. The English ruling class, the Darwins among them, and Darwinian science itself, need reinterpreting as landed, gentlemanly, agrarian and imperial rather than urban, burgher, machinofacturing and industrial but, most emphatically, nonetheless capitalist for all that.

The other standard way to broaden the scope of any historiography for Darwinian science is to insist that Darwinism became not just a scientific theory but an entire "worldview." The philosopher Scheffer says somewhere that the whole idea of a worldview is not a wholly good idea, being, as it is, a questionable legacy from post-Kantian German idealism, and assimilating, as it does, thought and judgement to vision and seeing. There may be a case therefore for dropping "worldview" talk and sticking with cosmologies and ontologies.

Darwin himself was offering no integration, Buffon style, of a macrocosmogony and a microcosmogony nor of natural philosophy and natural history. His theory of generation, pangenesis, formulated well before the *Origin* but not published until 1868, was amicrocosmogony, but his geology in the *Origin* was Lyellian enough to be acosmogonical. And Darwin had nothing to say about the moon, much less the sun and other stars. In obvious senses, his theory of natural selection –with its unremarkable ontology of competing, hereditarily variable organisms, and its formation of species distinguished from mere varieties in the usual ways– was, especially when complemented with the account of adaptive divergence and progress, a mesocosmogony, for natural selection is fitting, ordering and improving in its workings on inherited variations that are in themselves chancy and disorderly. However, even if one integrates natural selection with pangenesis –which Darwin never did in a sustained way– there is no systematic theorising with the scope and ambition of Buffon's. A historiographer of cosmology and ontology who follows the precedents set by the historiographers of "worldviews" will therefore look beyond Darwin himself to broaden the agenda.

The usual candidates for this purpose are, quite properly, the likes of Spencer and Haeckel, and Spencer will serve well here for he can indeed be read, in his ambitions, as a successor to Buffon. Like the Frenchman, he offers an integration of macrocosmogony and microcosmogony, and of natural history and natural philosophy, in his synthesis of Adam Smith on societies, William Herschel on heavenly nebulae, Lyell's version of Lamarck's biology, VonBaer's generalisations (from

"homogeneity"–by progressive differentiation to "heterogeneity") about embryonic maturations, and Grove, Joule and other physicists on the persistence of force, also known as the conservation of energy.

This itemisation of the main ingredients in Spencer's synthesis (first made in the 1850s, independently of Darwin's writings) shows right away what a great deal has happened since Buffon. What historians of biology need to pay more attention to than they usually do is the physics. After Buffon, the rise and fall of Laplacean physics and the rise of a new physics of work and energy –indebted to sources as diverse as English and French team engineering and German Naturphilosophie– transformed natural philosophy and so, obviously, transformed the relationships between natural philosophy and natural history. Those relationships went far beyond the intervention of William Thomson (Lord Kelvin) and others into debates on the age of the earth. And, those relationships have continued to be influential and historiographically instructive, as one can see by looking to the disagreements about evolution and Boltzmannian thermodynamics among such people as Lotka, Wright and Fisher in the 1920s, not that this continuation should be surprising, for thermodynamics became, in the late nineteenth century, the new theory of order, of cosmos and chaos, and a new locus for ontological disagreements between atomists and energeticists and between realists and non-realists. Thermodynamics' relations with biology offer, therefore, as several recent writers have recognised, very fruitful possibilities for broadening our historiographical horizons, as graduate students may be encouraged to appreciate.

CONCLUDING REMARKS

As the conclusions to this paper were presented at its opening, it remains only to sound two positive notes here. First, any survey of the last two and a half millennia of theorising about origins and species shows that almost every century has seen major shifts, so it is not merely that we need a historiography that does not tend to lump together all the pre-Darwinian thought as just that: pre-Darwinian, and so presumptively creationist, essentialist or whatever. We need many historiographies that avoid the distortions entailed by the usual "evo-revo" themes and prompt looking instead at many centuries in fresh ways. Second, graduate students today are often understandably wary of getting into any topic remotely associated with Darwin and his science if only because they assume that it has been worked out very thoroughly by now. This paper will have succeeded if it is taken to suggest that even on the most familiar topics in this area there are plenty of opportunities for new inquiries, interpretations and themes.

REFERENCES

Hodge, Michael Jonathan, "Origins and Species Before and After Darwin", in R. C.

Olby, G. N. Cantor, J. R. R. Christie and M. J. S. Hodge (eds.), *Companion to the History of Modern Science,* London and New York, Routledge, 1990, pp. 374–395.

———, *Origins and Species: A Study of the Historical Sources of Darwinism and the Contexts of Some Other Accounts of Organic Diversity from Plato and Aristotle.* New York: Garland, 1991.

Hodge, Michael Jonathan and Radick, Gregory (eds.), *The Cambridge Companion to Darwin,* Cambridge, Cambridge University Press, 2003.

Sapp, Jan, *Genesis. The Evolution of Biology,* Oxford, Oxford University Press, 2003.

C A P Í T U L O   1 7

DARWIN Y LOS ECONOMISTAS POLÍTICOS: LA DIVERGENCIA DE LOS CARACTERES*

Silvan S. Schweber

> Todos sabemos con cuánta pasión se afianza un teórico a un hecho muy favorable a su opinión.
>
> Charles Darwin, 1846.

INTRODUCCIÓN

La selección natural se ha convertido en un paradigma para demostrar la influencia de factores externos en la formulación de teorías científicas. El mismo Darwin decía que leer a Malthus en 1838 fue un hecho clave para llegar a su teoría,[1] y la presencia de la influencia malthusiana es innegable. Aun así, la relación entre la selección natural y el ambiente económico y político en que fue formulada es compleja.[2]

El hecho es que antes de septiembre de 1838 Darwin en varias ocasiones había leído los planteamientos de Malthus.[3]

* Traducción de Adolfo Olea Franco y Claudia Santos del Real.

[1] "*Autobiography*" en Francis Darwin (ed.), *The Life and Letters of Charles Darwin*, edición en dos vols., Nueva York, Appleton, 1896. De aquí en adelante este libro será citado como LLD.

[2] Para comparar puntos de vista sobre el tema, véase, por ejemplo, G. Himmelfarb, *Darwin and the Darwinian Revolution,* Nueva York, Doubleday, 1959; Gavin de Beer, *Charles Darwin: Evolution by Natural Selection*, Nueva York, Doubleday, 1964. R. M. Young, "Malthus and the Evolutionists", *Past and Present, 43*: 109-141; P. J. Vorzimmer, "Darwin, Malthus and the Theory of Natural Selection", *J. Hist. Biol., 30* (1969): 527-542; S. Herbert, "Darwin, Malthus and Selection", *J. Hist. Biol 4* (1971): 209-217; M. T. Ghiselin, *The Triumph of the Darwinian Method*, Berkeley, University of California Press, 1969; C. Limoges, *La séléction naturelle*, París, Presses Universitaires de France, 1970; E. Mayr, "Darwin and Natural Selection", *Amer. Sci., 65* (1977): 321-327; E. Mayr, *Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays*, Cambridge, Mass., Belknap Press, 1976. Uno de los planteamientos más inteligentes y persuasivamente argumentados sobre la complejidad de la situación es P. Bowler, "Malthus, Darwin, and the Concept of Struggle", *J. Hist. Biol., 37* (1976): 631-650.

[3] Lo leyó en la *Natural Theology* de Paley cuando era estudiante no graduado en Cambridge y en 1833 en el *Political Essay on the Kingdom of New Spain*, (Nueva York, Riley, 1811) en Buenos Aires, mientras el *Beagle* atracaba ahí y en el verano de 1833, cuando Darwin llegó a Malthus a través de Quetelet, estaba releyendo el *Political Essay* de Humboldt. El cuaderno de transmutación C tiene la siguiente anotación en la página 268: "Humboldt: Nueva España mucho acerca de castas, etc." y en la misma página aparece: "Inves-

Además, basta un vistazo rápido a los periódicos victorianos de los treinta del siglo XIX para advertir que las leyes que gobernaban el crecimiento de las poblaciones eran centrales en muchas de las controversias políticas y económicas de ese tiempo y que era muy difícil que alguien como Darwin, que leía la *Edimburgh Review* o la *Quarterly Review,* no estuviera familiarizado con la tesis de Malthus.[4] Cualquier análisis del proceso por el que Darwin "obtuvo una teoría con la cual trabajar" debe tomar en cuenta la resonancia que la interacción de factores externos e internos tuvo en septiembre de 1838 en la mente de Darwin. Por lo menos, esto implica un análisis cuidadoso de la evolución y desarrollo de la parte científica del esfuerzo de Darwin. Como ha señalado correctamente C. C. Gillispie, al retomar la famosa declaración de Pasteur de que la suerte favorece a la mente preparada, "la mente no sólo debe estar preparada sino estar predispuesta".[5] En septiembre de 1838 esto era ciertamente válido para la mente de Darwin, quien leyó a Malthus no por "diversión", como él nos ha hecho creer, sino después de leer la revisión de Brewster de los dos primeros volúmenes de la *Filosofía política* de Comte. La lectura de esa revisión lo llevó al libro de Quetelet *Sobre el hombre* y a una larga revisión sobre esta obra en el Athenaeum. Fue ahí donde Darwin encontró nuevamente el principio malthusiano del crecimiento poblacional.[6]

Por lo tanto, su búsqueda científica fue el estímulo que lo llevó a Malthus y, en septiembre de 1838, sus investigaciones estaban en el punto en que Darwin podía asimilar y usar el planteamiento de Malthus.

La interacción de factores internos y externos no es menos importante para explicar el proceso por el que Darwin llegó a su principio de divergencia de los caracteres, su explicación de cómo se genera la diversidad.

En este artículo analizo algunos de los aspectos externos e internos de la génesis del principio de divergencia de los caracteres, centrándome en particular en la rela-

tigar en Sociedad de Estadística donde Sr. Quetelet ha publicado sus leyes sobre sexos en relación a edad de casamiento". Los cuatro cuadernos de transmutación son transcritos en Gavin de Beer (ed.) "Darwin's Notebooks on Transmutation of Species", *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) (Hist. Ser.) 2* (1960); M. J. De Beer, Rowlands y B. M. Skramorsky (eds.), "Pages Excised by Darwin", *Ibid., 3* (1967):129-176 (páginas arrancadas). Los cuadernos "primero", "segundo", "tercero" y "cuarto" de De Beer corresponden a los cuadernos de Darwin B, C, D y E. En adelante los citaré con la letra y número de página de Darwin, seguidos por una e cuando sean páginas arrancadas, por ejemplo, C, p. 123.

[4] Véase, por ejemplo, Elie Halévy, *The Growth of Philosophic Radicalism*, Boston, Beacon Press, 1955; Edwin Cannan, *A History of the Theories of Production and Distribution in English Political Economy from 1776 to 1848,* 3a. (ed.), Londres, Staples Press, 1917.

[5] C. C. Gillispie, comunicación personal. La declaración original de Pasteur es: "En el campo de la observación, la suerte favorece sólo a la mente preparada"; citado en René Vallery-Radot, *La vie de Pasteur,* París, Hachette, 1900, p. 88.

[6] Véase S. S. Schweber, "The *Origin* of the Origin Revisited", *J. Hist. Biol. 10* (1977): 229-316.

ción entre la teoría evolutiva y la economía política.[7]

Como mostraré, hay un gran paralelismo entre el modo en que Darwin llegó a formular la selección natural y cómo llegó al principio de divergencia. El mismo Darwin dijo que su explicación de la divergencia de los caracteres equivalía en lo esencial al concepto de "división fisiológica del trabajo" que Milne-Edwards defendió en sus escritos.[8] Mostraré que ese principio era conocido por Darwin antes de 1852, fecha que a menudo se atribuye a su planteamiento luego de la lectura de la *Introducción a la zoología general* de Milne-Edwards.[9]

El mismo Milne-Edwards atribuía su formulación del concepto de la división fisiológica del trabajo a la influencia de los escritos de los economistas políticos.

Darwin nunca acreditó así su principio, sin embargo, como luego mostraré, seguramente estaba familiarizado con las doctrinas de los principales economistas políticos de su época. Por lo tanto, surge la pregunta de por qué en Francia Milne-Edwards abiertamente presentó a la economía política como fuente de su principio biológico, mientras en Inglaterra Darwin se rehusaba firmemente a hacerlo. De ahí que para entender el origen del principio de divergencia se necesite considerar tanto los factores externos como los internos.

Al tomar en cuenta lo anterior, muchos estudiosos han sugerido que la teoría darwiniana considerada como un todo es típicamente inglesa. Hace sesenta años, John Theodore Merz, en su clásico *Historia del pensamiento europeo,* se atrevió a opinar que "la fisiología y la economía se dieron la mano"[10] en la Inglaterra victoriana. *El*

[7] Para investigaciones previas sobre el tema véase L. Eisely, *Darwin's Century,* Nueva York, Anchor Books, 1961, pp. 182-184; C. Limoges, "Darwin, Milne-Edwards, et le principle de divergence", *XII Congres International d'Histoire des Sciences,* 1968, pp. 111-115; C. Limoges, *La séléction naturelle*, pp. 135-137; Robert Young, "Darwinism and the Division of Labour", *The Listener, 88* (1972): 202-205; H. Gruber y P. Barret, *Darwin on Man,* Nueva York, E. P. Dutton, 1974, pp. 117-118; M. P. Winsor, *Starfish, Jellyfish, and the Order of Life*, New Haven, Yale University Press, 1976, pp. 171-178; E. Mayr, *Evolution and the Diversity of Life;* M. T. Ghiselin, *The Economy of Nature and the Evolution of Sex* (Berkeley, University of California Press, 1974; W. Paye Cannon, "The Whewell-Darwin Controversy", *J. Geol. Soc., 132* (1976): 377-384; Donald Worster, *Nature's Economy: The Roots of Ecology*, San Francisco, Sierra Books Club, 1977; Janet Browne, "The Charles Darwin-Joseph Hooker Correspondence: An Analysis of Manuscript Resources and Their Use in Biography", *J. Soc. Bibliog. Nat. Hist., 8* (1978): 352-366.

[8] R. C. Stauffer (ed.), *Charles Darwin's "Natural Selection"*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975, p. 233; Charles Darwin, *On The Origin of Species*, facsímil de la primera edición, con una introducción de E. Mayr., Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1964, p. 101.

[9] H. Milne-Edwards, *Introduction a la zoologie générale ou considerations sur les tendances de la nature dans la constitution du regne animal*, París, Victor Masson, 1851.

[10] John Theodore Merz, *A History of European Thought in the Nineteenth Century*, 4 vols., Edimburgo, 1904-1912, II, pp. 395-396, 415. Véanse también los acertados comentarios en el volumen I en que compara el enfoque inglés con el del continente en física, matemáticas y otras ciencias. Para comentarios en un periodo algo posterior,

origen de las especies de Darwin puede ser caracterizado como pensamiento evolutivo que va de la mano con la economía política y la filosofía de la ciencia inglesas.

Mi propósito al investigar los factores que influyeron en el pensamiento de Darwin acerca de la generación de la diversidad es justificar la tesis del carácter claramente inglés de la teoría evolutiva de Darwin. La filosofía del individualismo, que Darwin compartía, fue, por supuesto, una faceta característica de la escuela de economía política inglesa desde Adam Smith hasta McCulloch. La afinidad y la satisfacción con las explicaciones individualistas ("atomistas") parecen haber sido características de la mentalidad inglesa en la primera mitad del siglo XIX. Es uno de mis objetivos analizar aquí hasta qué punto el compromiso de Darwin con el individualismo representa una deuda hacia los economistas políticos y al enfoque deductivo benthamita de la economía política. De igual modo, intento mostrar que mientras en el continente se planteaban principios universales para explicar la diversidad en la naturaleza, Darwin era característicamente inglés al enfatizar la necesidad de comprender fenómenos particulares.[11] Pero, sin duda, los intentos constantes de Darwin por entender lo particular en toda su singularidad y así poder aprehender las facetas universales de la historia de lo particular también son aspectos de su genio.

Por supuesto, también hubo factores internos que jugaron un papel en la génesis del principio darwiniano de la divergencia de los caracteres. De hecho, Darwin había obtenido ya las ideas esenciales de la diver-

véase "Gerald L. Geison, Michael Foster and the Cambridge School of Physiology", Princeton, Princeton University Press, 1978, pp. 220, 348-351.

[11] La deuda de Darwin con la filosofía escocesa merece un estudio completo. La filosofía escocesa desde Hume hasta Dugald Stewart y Thomas Browne rechazaba la noción de que pudiera explicarse cualquier cosa haciendo referencia a procesos o principios únicos, cuya existencia y operación no pudieran ser deducidos a partir de la observación de ejemplos particulares. La noción de causalidad de Hume jugó un papel central en el desarrollo de las ciencias "sociales" y en el planteamiento de los mecanismos de evolución. Véase Norman Kemp Smith, *The Philosophy of David Hume*, Londres, Macmillan, 1941; Thomas Browne, "Inquiry into the Relation of Cause and Effects", en Geoffrey Keynes (ed.), *The Works of Sir Thomas Browne*, 6 vols., Londres, Faber and Gwyer, 1928; J. B. Morrell, "The University of Edimburgh in the Late Eighteenth Century", *Isis, 62* (1971): 158-171. Sobre el carácter británico de la teoría darwiniana véase E. Mayr, "The Nature of the Darwinian Revolution", *Science, 176* (1971:981-989, reimpreso en Mayr, *Evolution and the Diversity of Life*, pp. 277-296. El intento de tipificar la teoría evolutiva de Darwin como inglesa tiene una larga historia. Ha sido observado varias veces que James Cowles Prichard, William Lawrence, Joseph Adams, James Anderson, William Marshall y Charles Wells, entre otros, buscaban un mecanismo para explicar el origen de la diversidad orgánica basados solamente en la herencia y variación individuales. Véase Herbert Hayes Odom, "Ground Work for Darwinism: Theories of Heredity and Variation in Great Britain, 1790-1820", *tesis de doctorado,* Harvard University, 1972; P. J. Darlington, *Darwin's Place in History,* Oxford, Blackwell, 1959, pp. 19-24; Jacques Roger, *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIIIe siècle,* París, A. Colin, 1963, y J. B. Morrell, "Individualism and the Structure of Science in 1830", *Hist. Stud. Phys. Sci., 3* (1971): 183-204.

gencia de caracteres durante el sorprendentemente creativo periodo de 1837 a 1841.

Cuando escribió el "Esbozo de 1842",[12] Darwin probablemente pensó que el problema estaba resuelto. En los años siguientes, evidentemente se olvidó de algunos de los planteamientos que había escrito en sus cuadernos, ya que el "Ensayo de 1844" es mucho menos explícito sobre la cuestión que el "Esbozo de 1842".

La pregunta es: ¿por qué? Para contestarla creo que debemos explorar algunos aspectos psicológicos. Cuando Darwin abrió sus cuadernos sobre transmutación en julio de 1837,[13] estaba elaborando simultáneamente dos programas de investigación. Por una parte, trataba de corroborar el *hecho* de la evolución, y por otra buscaba el *mecanismo* de la evolución. Aunque Darwin advertía que los dos programas podían permanecer separados, de todos modos se entrelazaron, particularmente después de conocer a Malthus.

Creo que en el periodo que siguió a este encuentro, Darwin pensó que tenía el mecanismo universal y que la selección natural "cambiaría" toda la biología del mismo modo que las ideas de Newton habían revolucionado las ciencias físicas.[14] En el verano de 1839, cuando terminó su cuarto cuaderno de transmutación, Darwin tenía una concepción evolutiva unitaria sobre todo lo que le rodeaba: el sistema planetario, nuestro propio planeta, su geología, geografía y clima, sus organismos vivos (incluyendo al hombre, por supuesto) y sus organizaciones sociales.

Más aún, estaba convencido de que la dinámica de este proceso evolutivo era explicada por las leyes invariables de la física y la química y por la selección natural, sin la necesidad de intervención divina en ninguna etapa o nivel. Ghiselin[15] ha argumentado, aguda y convincentemente, que para comprender la génesis y la ejecución de los diferentes programas de investigación que Darwin realizó después de 1839, debe tenerse presente el papel central de la selección natural como teoría dinámica explicativa. De 1839 a 1859, Darwin estuvo comprometido con la siguiente concepción general de la selección natural: los miembros de una especie muestran variaciones; estas variaciones se manifiestan en los individuos como morfologías, fisiologías y conductas diferentes. Algunas de estas variaciones son heredables, debido a que en cada generación se producen más individuos de los que pueden sobrevivir; para

[12] Tanto el "Esbozo de 1842" como el "Ensayo de 1844" aparecen en Charles Darwin, *The Foundations of the "Origin of Species": Two Essays Written in 1842 and 1844,* Francis Darwin (ed.), Cambridge, Cambridge University Press, 1909, y en Charles Darwin y A. R. Wallace, *Evolution by Natural Selection,* Cambridge, Cambridge University Press, 1958. Mis citas provienen del libro de Darwin y Wallace.

[13] De Beer, (ed.), "Darwin's Notebooks on Transmutation of Species"; Gavin de Beer y M. J. Rowlands (eds.), "Adenda and Corrigenda", *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Hist. Ser., 2* (1961); de Beer, Rowlands y Skramorski (eds.), "Pages Excised by Darwin", pp. 129-176.

[14] S. S. Schweber, "The Young Darwin", *J. Hist. Biol., 12* (1979): 175-192.

[15] Ghiselin, *The Triumph of the Darwinian Method.*

reproducirse hay una lucha por la existencia. En esta lucha (que es interespecífica, intraespecífica y con el medio físico) algunas características heredables harán al organismo mejor adaptado a su ambiente que otros miembros de la especie (que no poseen esa característica o poseen otras). Los individuos más aptos, esto es, los mejor adaptados a su medio, dejarán más descendencia (con características similares). Sin embargo, la adaptación de las diferentes partes de un organismo o entre el organismo y su medio no es nunca perfecta. La multitud de necesidades del organismo, la complejidad del organismo y del medio, hacen que la adaptación perfecta[16] sea imposible aun para el organismo más sencillo (aunque para algunos organismos la adaptación a su medio, esencialmente constante, es tal que les permite sobrevivir sin evolución posterior por largo tiempo). Pero las causas de las variaciones y de su frecuencia constituían problemas que Darwin abordaría sin éxito a lo largo de su vida. La correlación de la reproducción sexual con las variaciones era evidente para él desde el momento en que inició los cuadernos de transmutación. Uno de los grandes logros de Darwin es haber advertido muy pronto (1838) que las variaciones no eran dirigidas, y las pudo aceptar en el nivel de descripción como elementos "al azar", aunque creía que de todos modos eran "causadas". El papel del medio para causar variaciones era complejo y difícil de explicar. Darwin creía que un organismo puesto en condiciones nuevas varía "hasta en aspectos insignificantes"[17] en algún grado y que algunas de estas variaciones ligeras son (o tienden a ser) hereditarias.

La interrelación dinámica entre medio, variaciones, selección natural y adaptaciones siempre fue parte integral de la concepción general de Darwin. La selección natural selecciona rigurosamente las variaciones, incluyendo aquellos elementos que fueran responsables de las variaciones y de la tasa de variación. En ese sentido, la selección natural tiene que explicar el origen del sexo. De hecho uno de los esfuerzos de investigación que Darwin realizó a lo largo de su vida fue explicar el origen del sexo y problemas relacionados, como el hermafroditismo,[18] el dioicismo en las

[16] En el "Ensayo de 1844" Darwin habla de adaptación perfecta al referirse a la selección sexual: "Los machos más vigorosos, que implican adaptación perfecta, generalmente deben ganar la victoria en varios contextos. Este tipo de selección, sin embargo, es menos riguroso que el otro [es decir, natural]" (p. 121). Para una opinión muy contrastante véase Dov Ospovat, "Darwin after Malthus", presentación ante la Reunión de Historia de la Ciencia, Madison, Wisconsin, 31 de octubre de 1978 y "Perfect Adaptation and Teleological Explanation: Approaches to the Problem of the History of life in Mid-Nineteenth Century", *Stud. Hist. Biol., 2* (1978): 33-56.

[17] Darwin y Wallace, *Evolution by Natural Selection*, p. 41. La cita está en la primera frase del "Esbozo de 1842".

[18] El interés de Darwin en el hermafroditismo es ya evidente en los cuadernos. Véase, por ejemplo, B p. 96, p. 245, D p. 174. y E pp. 70-71, así como las listas en "Concordance-Darwin's Manuscripts at Cambridge University library", P. H. Barrett (ed.), Michigan State University, 1977. Agradezco al profesor Barrett por facilitarme una copia de la "Concordance".

plantas[19] y el dimorfismo en organismos de reproducción sexual.[20] Para Darwin el carácter autorreflexivo y autorregulador de su teoría dinámica era uno de los aspectos esenciales. Fue esta característica la que hizo esperar al joven Darwin, en 1839, que su teoría podría abarcar toda la esfera biológica, pero este mismo aspecto bien pudo haber engañado al viejo Darwin, haciéndole creer que no estaba abandonando su teoría original cuando adoptó una posición más lamarckiana en la tercera y subsecuentes ediciones de *El origen de las especies*.

Sostengo que en 1839 Darwin pensó que los hechos fenomenológicos que había acumulado en sus cuadernos sobre la transmutación serían explicados por la selección natural, junto con datos y principios geológicos, geográficos y climatológicos. Creo que en 1839 Darwin confió en que la selección natural explicaría no sólo los dos factores primarios del mundo biológico, es decir, la adaptación y el aumento de la diversidad de los organismos en el tiempo, sino también las leyes formales de Cuvier sobre la "unidad de tipo", las "condiciones de existencia", la "correlación de las partes" (hasta el grado en que todas ellas fueran ciertas), y más particularmente, numerosos hechos biogeográficos que él había reunido a partir de sus vastas lecturas y que jugaban un papel central en sus cuadernos de transmutación.[21] El mismo Darwin en-

[19] El apartado 49 de los artículos de Darwin en la Biblioteca de la Universidad de Cambridge contiene sus notas sobre dicogamia en las plantas (maduración de las anteras y los estigmas de flores individuales en tiempos diferentes) fechadas en 1841. En esa época, Darwin veía la dicogamia no sólo como un mecanismo para reducir la autofertilización de flores individuales, sino también como un medio para favorecer el cruzamiento de individuos diferentes.

[20] En su *Autobiography,* LLD, p. 74, Darwin escribió: "He observado en 1838 y 1839 el dimorfismo en *Linum flairim*, y al principio pensé que era solamente un caso de variabilidad sin significado, pero, al examinar las especies comunes de *Primula,* encontré que las dos formas eran demasiado regulares y constantes para entenderlas así".

[21] La importancia central de la biogeografía en los cuadernos ha sido enfatizada por Limoges, La *sélection naturelle*, pp. 57-59 y por R. C. Stauffer, "Ecology in the Long Manuscript of Darwin's Origin of Species and Linnaeus' Economy of Nature", *Proc. Amer. Phil., 104* (1960): 235-241, y "Haeckel, Darwin and Ecology", *Quart. Rev. Biol., 32* (1937): 138-144. Véase también P. Vorzimmer, "Darwin's Ecology and Its Influence upon His Theory", *Isis, 56* (1965): 148-155; F. Egerton, "Humboldt, Darwin, and Population", *J. Hist. Biol., 3* (1970): 326-360; Egerton, "Studies of Animal Populations from Lamarck to Darwin", *J. Hist. Biol., 1* (1968): 255-259. Para presentaciones no técnicas sobre biogeografía, anteriores pero posteriores a *El Origen*…, véase Asa Gray, "Species as to Variation, Geographical Distribution and Succession", *Amer. J. Sci. and Arts,* mayo 1963, reimpreso en Asa Gray, *Darwiniana*, ed. A. H. Dupree, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1963. La biogeografía jugó también un papel importante en el desarrollo de la teoría de selección natural de Wallace. En 1876, con el apoyo de Darwin, Wallace escribió *The Geographical Distribution of Animals*, Londres, MacMillan, 1876, anotando en el prefacio: "Me doy cuenta de que este primer esbozo de un gran tema en algunas partes es muy pobre y esquemático, y aunque a lo mejor sobrecargado con algunos tipos de detalles, deja muchos puntos tratados muy inadecuadamente. Es por eso que con algo de duda me atrevo a expresar la esperanza de haberme acercado al estándar de excelencia que me propuse, que era que mi libro guardara con

fatizó que la biogeografía de las Galápagos fue crucial para su reconocimiento de la evolución en la naturaleza.

La biogeografía era de particular interés para Darwin no sólo porque podía reforzar los argumentos a favor de la evolución (la descendencia y la suposición de que las especies se originan en centros únicos bien definidos, en tiempos bien definidos y luego emigran, sería la explicación de los hechos cualitativos de la distribución geográfica), sino también porque los datos biogeográficos podían expresarse cuantitativamente. Después del encuentro con Malthus, el problema devino en cómo la selección natural y la historia geográfica de la Tierra explicarían estos hechos biogeográficos.[22] Que algunos de los hechos fueran planteados cuantitativamente como distribuciones estadísticas, los hacía muy atractivos para Darwin, ya que esto concordaba con Herschel y Comte en que "el objeto último de las teorías físicas es *predecir, lo más exactamente posible, todos los fenómenos que un cuerpo presentara bajo ciertas circunstancias*".[23]

En los años cuarenta del siglo XIX la biogeografía era el centro de la historia natural. Preguntas biogeográficas importantes eran planteadas por hombres con entrenamiento y conocimiento en botánica y zoología, en geología, paleontología y geografía, como Lyell, E. Forbes, J. Hooker y Dana, pero ninguno de estos investigadores trataba de resolver al mismo tiempo tantas preguntas

los capítulos once y doce del *Origin of Species* una relación similar a la que *Animals and Plants Under Domestication* de Darwin tiene con el primer capítulo de ese trabajo. Si se juzga que merece ser colocado en tal categoría, mi largo y pesado trabajo sería recompensado". Véase también A. R. Wallace y W. T. Thiselton-Dyer, "The Distribution of life, Animal and Vegetable in Space and Time", *Humboldt Library of Popular Science and Literature,* enero 1885; y Thiselton-Dyer, "Geographical Distribution of Plants" y Hans Gadow, "Geographical Distribution of Animals", caps. 16 y 17 en A. C. Seward (ed.), *Darwin and Modern Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1909. Para otros artículos interesantes sobre biogeografía, véase David Starr Jordan, "Isolation as a Factor in Organic Evolution", en *Fifty Years of Darwinism: Modern Aspects of Evolution*, Nueva York, Henry Holt, 1909; J. B. S. Haldane, "Natural Selection", en P. R. Bell (ed.), *Darwin's Biological Work: Some Aspects Reconsidered*, Cambridge, Cambridge University Press, 1959, y P. J. Darlington Jr., "Darwin and Zoogeography", *Proc. Amer. Phil., 103* (1959):307-319.

[22] Los cuadernos tienen muchas referencias a la obra de A. von Humboldt y A. Bonpland, *Essai sur la géographie des plantes*, París, 1805, y a los últimos ensayos posteriores de Humboldt "sobre las leyes observadas en la distribución de las formas vegetales". Estos ensayos (escritos originalmente en francés) fueron traducidos al inglés y aparecieron en *Phil. Mag. J., 47* (1816), 446 y en *Edinburgh Phil. J., 6* (1822): 273. El primero también apareció en 1817 como *De Distributione Geographica Plantarum* (París); ahí Humboldt muestra que en las plantas el número promedio de especies por género es mayor por un factor de dos en Francia comparado con el número en Laponia. Humboldt creía que el número de especies en cada orden es determinado por una ley matemática y que esta ley permanece constante a través de cualquier época geológica. Darwin apreció los esfuerzos de Humboldt por usar relaciones cuantitativas para predecir la distribución de las plantas en regiones climáticas similares. El cuaderno E contiene muchas preguntas en relación con los datos biogeográficos cuantitativos.

[23] Schweber, "Origin of *Origin*", p. 264.

como Darwin. Porque además del problema de los centros de creación, Darwin también usaba datos biogeográficos para aclarar el papel del medio en la producción de variaciones, para comprobar sus suposiciones sobre lo "absoluto" de la competencia, para apoyar su idea de la adaptación hacia "lugares" en la economía de la naturaleza, para correlacionar el registro fósil con la historia geológica en el tiempo y el espacio, y para probar mecanismos detallados de especiación; todo esto para reforzar la posición de la selección natural.

El interés de Darwin por la biogeografía fue estimulado probablemente por Henslow[24] mientras estaba en Cambridge, así como por la lectura de Humboldt cuando se preparaba para su viaje a las Canarias.[25] El *Beagle*

[24] Al revisar la *Fauna Boreali-America* de John Richardson en la *Edinburgh Review, 52* (1831): 328-360, James Willson escribió un ensayo sobre la distribución geográfica de los animales que revisaba la situación de este tema hasta 1830, antes de la publicación de los *Principles of Geology* de Lyell. Willson escribió: "El conocimiento de los diversos fenómenos que presentan los diferentes grupos de animales y plantas, de acuerdo con la latitud, la longitud y la altitud de su posición constituye la ciencia[...] y forma una de las ramas más importantes e interesantes de la historia natural... La distribución geográfica de los animales presenta un amplio campo para la especulación, aunque probablemente la manera en que ha sido efectuada la distribución permanecerá oculta por siempre para el conocimiento humano. Su dispersión gradual por medios naturales, desde un centro único de creación, difícilmente cae en la esfera de lo creíble; y de este modo la creación de varios grupos de especies sobre puntos diferentes de la superficie terrestre[...] o el cambio de lugar y dispersión, por acción sobrenatural, de la mayoría de las especies existentes desde un centro original parecen ser los puntos a ilustrar[...]. El naturalista debe recolectar una serie amplia, precisa y extensa de hechos y cambiando y comparando estas observaciones determinantes, deducir las leyes de acuerdo con las cuales las especies y los géneros están distribuidos actualmente sobre la superficie de la Tierra". Como nota a pie de página a esta última parte, Willson añade: "Una de las más importantes de esas preguntas preliminares que son esenciales para una buena comprensión de la geografía zoológica, consiste en la investigación y el establecimiento (por lo menos aproximado) de los límites que la naturaleza ha asignado a la variación de los caracteres específicos de los animales, y en el establecimiento de los principios fijos y determinados, con respecto a los cuales pueda discernirse cuándo son suficientes algunas diferencias para constituir una diferencia específica, o cuándo son solamente el resultado del clima, o combinaciones peculiares o accidentes circunstanciales[...]. Uno de los principales problemas en trazar la distribución de las especies ampliamente distribuidas, surge de la incertidumbre con la que trabajan los naturalistas, de la ausencia de una prueba positiva y segura que garantice cuándo un cierto carácter debe ser colocado más bien dentro del rango de variación individual[...]. En los casos en que hemos adquirido conocimientos sobre los hábitos y economía de una especie y sobre los individuos de esa especie, donde quiera que se hallen, y si éstos son siempre los mismos en localidades diferentes y alejadas, entonces una diferencia en el plumaje debería ser considerada insuficiente para constituir una diferencia específica entre ellos, pero cuando encontramos a los individuos de un país o continente caracterizados y diferenciados por alguna peculiaridad de sus hábitos instintivos, o modo de vida, así como por una diferencia perceptible en el aspecto, entonces estamos autorizados para inferir que son específicamente distintos, y tenemos derecho a clasificarlos de acuerdo con esto. Hemos considerado estos aspectos aparentemente inútiles, porque sabemos que algunos escritores modernos niegan que haya alguna especie que esté distribuida ampliamente".

[25] En su *Autobiography*, Darwin indica: "Durante mi último año en Cambridge, leí con cuidado

llevaba muchos clásicos de la biogeografía de la época, entre ellos los trabajos de Humboldt, el Apéndice al *Viaje de Flinder* de Robert Brown y los importantes e influyentes trabajos sobre fitogeografía de A. P. de Candolle.[26] En septiembre de 1832, Darwin recibió el segundo volumen de los *Principios de geología* de Lyell,[27] que bien podían haber sido subtitulados "Biogeografía", ya que su principal preocupación era presentar los hechos sobre distribución geográfica de los organismos y una disertación sobre lo que constituye una explicación aceptable de esos hechos.[28]

En 1829, Lyell comunicó a su padre que había escrito el volumen II para resolver "el gran problema de si las diversas especies orgánicas vivientes surgieron gradual e individualmente en puntos aislados

y gran interés la *Personal Narrative*" de Humboldt (LLD, p. 47). Leía en voz alta pasajes de este libro a sus amigos en sus excursiones con Henslow. Henslow le dio sus propios ejemplares de los volúmenes I y II de la obra de A. von Humboldt, y del libro de A. Bonpland, *Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of the New Continent during the Years 1799-1804*, traducido por Helen Williams, 7 vols. (Londres, 1814-1829), y están dedicados: "De J. S. Henslow a su amigo C. Darwin en su partida de Inglaterra a un viaje alrededor del mundo, 21 sept. 1831".

[26] Darwin anotó en su *Autobiography* que se había encontrado a Robert Brown varias veces antes de abordar el *Beagle*, y le escribió a Henslow que había recibido consejo de Brown acerca de los microscopios. Entre las colecciones de sobretiros de Darwin hay un ejemplar de las *Observations on the Organs and Mode of Fecundation in Orchidae and Asclepiadae* (Londres, Richard Taylor, 1831), con una nota: "Me lo dio el Señor Brown el viernes 9 de diciembre de 1831". En vista de los viajes de Brown como naturalista y su interés fitogeográfico, no es difícil que Brown haya hecho hincapié en la importancia de la biogeografía al hablar con Darwin. Las cartas que Darwin escribió a Henslow durante el viaje del *Beagle* indican que el *Dictionnaire classique d'histoire naturelle* (París, Rey et Granier, 1822-1831) (en el que de Candolle escribió el artículo sobre geografía de plantas y Humboldt sobre geognosia) y los *Voyages aux régions equinoxiales* de Humboldt estaban a bordo, y más aún que Darwin los estaba leyendo. Véase Nota Barlow (ed.), *Darwin and Henslow: The Growth of an Idea, Letters, 1831-1860,* Berkeley, University of California Press, 1967, en particular la carta 1, p. 26, carta 19, p. 54. El ensayo de Candolle sobre geografía de plantas apareció originalmente en 1820 con el título de *Essai élémentaire de geographie botanique,* de modo que era bien conocido y tuvo mucha influencia. Contenía el profundo planteamiento: "Toda la teoría de la botánica geográfica descansa en la idea particular que uno sostenga acerca del origen de las cosas vivas y la permanencia de las especies".

[27] Charles Lyell, *Principles of Geology*, Vol. II, Londres, John Murray, 1832.

[28] El capítulo 5 del Vol. II de los *Principles of Geology* de Lyell, p. 66, empieza con: "Después de contestar la pregunta de si las especies tienen una existencia real, la consideración de las leyes que regulan su distribución geográfica es un tema de gran importancia para el geólogo. Es sólo mediante el estudio cuidadoso de estas leyes, observando la posición que ocupan grupos de especies en el presente y buscando cómo éstas pueden haber variado en el transcurso del tiempo por migraciones, por cambios en la geografía física y por otras causas, que podemos saber si la duración de las especies es limitada o de qué manera el estado del mundo animado es afectado por las interminables vicisitudes del inanimado". El Vol. II de los *Principles* de Lyell también es importante porque contiene muchas referencias sobre de Candolle, Brown y Humboldt que pudieron haber estimulado a Darwin a leer estos trabajos.

o centros de creación, o bien en varios sitios a la vez y todas al mismo tiempo".[29]

En la misma carta, Lyell escribió: "Estoy persuadido de que esto último no puede ser sostenido". El primer cuaderno de transmutación, el B, que Darwin comenzó en julio de 1837, está lleno de datos y preguntas biogeográficas. En él, Darwin demuestra su gran familiaridad con los trabajos comunes sobre biogeografía: los de Humboldt, de Candolle, R. Brown, Pritchard, Lyell.[30] El cuaderno B también registra que Darwin había estudiado el *Tratado sobre la geografía y clasificación de los animales* de Swainson.[31] Aunque Darwin consideraba "maravillosamente absurda" la opinión de Swainson sobre clasificación basada en el sistema quinario de Maclaey, seguramente sí estaba de acuerdo con Swainson en que dos preguntas fundamentales que enfrentaban los naturalistas eran: "¿Cuáles son las causas que han producido esta diversidad de criaturas?, y, en segundo lugar, ¿hay *método* en toda esta sorprendente diversidad?".[32] El inicio del cuaderno B registra la división de las especies en ramas, esto es, la generación de la diversidad como un hecho fenomenológico.[33]

> Los seres organizados representan un árbol *ramificado irregularmente* (B, p. 21).
>
> El árbol de la vida quizá debería ser llamado el coral de la vida, la base de las ramas muerta; de modo que las transiciones no pueden ser vistas (B, p. 25).
>
> La base del árbol de la vida se pudre y oblitera completamente con el paso de los años (B, pp. 25-26).

El punto en cuestión era la causa y el mecanismo de la división. Cuando Darwin empezó sus cuadernos de transmutación ya estaba comprometido con la teoría de la descendencia. Con esa concepción, las diferentes especies de un género descienden de un mismo ancestro. Por lo tanto, en algún tiempo remoto los miembros de una especie debieron haber habitado un área bien definida a partir de la cual sus descendientes se extendieron a las regiones que ahora ocupan. En los casos en que las áreas actualmente ocupadas por el mismo grupo están separadas por barreras físicas, como cadenas de montañas y océanos, la pregunta que debe responderse es cómo se efectuó la migración. Ya que la mayor parte de la flora y fauna existentes surgió en los periodos Terciario y Secundario, la naturaleza de y los cambios en la superficie de la Tierra tienen que ser tratados. Darwin

[29] Lyell (ed.), *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell, Bart.,* 2 vols., Londres, John Murray, 1881, I, p. 246.

[30] Buscar estos nombres en el índice analítico de la "Concordance" de Barrett a los cuadernos.

[31] William Smainson, *A Treatise on the Geography and Classification of Animals*, Londres, Longmans, 1835); véase B, pp. 67, 92 y 276.

[32] Swainson, *A Treatise on the Geography and Classification of Animals*, pp. 1-2.

[33] El diagrama y la metáfora del árbol de la vida y del "coral" de la vida son introducidos al inicio del cuaderno, pp. 21-24; véase la discusión en *Darwin on Man* de Gruber y Barret, Nueva York, E. P. Dutton, 1974; H. Gruber, "Darwin's *Tree of Nature* and Other Images of Wide Scope", en *On Aesthetics in Science*, J. Wechsler (ed.), Cambridge, Mass., M. I. T. Press, 1978.

lo hizo.[34] Aunque en el periodo 1837-1839 no comunicó a Lyell su opinión sobre la mutabilidad de las especies, probablemente la biogeografía era el tema que se discutía con mayor libertad entre ellos en relación con el "misterio de misterios".

Ambos estaban interesados en los mecanismos de migración y las posibles rutas migratorias compatibles con la historia geológica de la Tierra, ya que ambos creían en los centros únicos de creación. Lyell, que en 1838 creía en la inmutabilidad de las especies (pero también en su extinción), llegó incluso a considerar que la introducción de una nueva especie ocurría por causas naturales y secundarias (aunque desconocidas).[35] Darwin, el transmutacionista secreto, tenía que proponer un mecanismo detallado para el origen de nuevas especies.

Para ambos era claro que el aislamiento geográfico jugaba un papel especial en el proceso. Darwin había visto por sí mismo el producto final del proceso de aislamiento en las Galápagos. Su mecanismo de especiación está claramente establecido al inicio de su primer cuaderno de transmutación,[36] "las especies aisladas, especialmente con algún cambio, probablemente varían más rápidamente" (B, p. 17). Este aislamiento resulta en "variedades permanentes, producidas por entrecruzamiento limitado y circunstancias cambiantes", y estas variedades se convierten en nuevas especies cuando no hay cruza con la forma parental: "Tan pronto como una especie se forma por separación, la repugnancia al cruce la establece" (B, p. 24). Un poco antes, en 1825, Von Buch había llegado a una conclusión idéntica a la de Darwin en lo que respecta al papel del aislamiento en el mecanismo de la especiación, y Darwin se refirió favorablemente a aquél en 1838 cuando conoció su disertación.[37]

El que las islas recién separadas, como Inglaterra, tuvieran menos especies características que las separadas hace mucho,

[34] En los *Principles of Geology* de Lyell, que Darwin estudió cuidadosamente en su forma original en la primera edición de 1830-1833 y luego en sus diversas revisiones, el periodo Terciario recibe atención especial. El registro fósil de moluscos del Terciario fue la base del cálculo de edad hecho por Lyell. Véase M. Rudwick, *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Paleontology*, Nueva York, American Elsevier, 1972; M. Rudwick, "The Strategy of Lyell's *Principles of Geology*", *Isis, 61* (1970):4-33; L. G. Wilson, *Charles Lyell, The Years to 1841: The Revolution in Geology*, New Haven, Yale University Press, 1972, y particularmente M. Rudwick, "Charles Lyell's Dream of a Statistical Paleontology", *Paleontology, 21* (1978): 225-244.

[35] W. F. Cannon, "The Uniformitarian-Catastrophist Debate", *Isis, 51* (1960), 38-55, y "The Problem of Miracles in the 1830's", *Vict. Stud., 4* (1960), 5-32; véase también *Life of Lyell, I*, 467.

[36] Malcolm J. Kootler, "Charles Darwin's Biological Species Concept and Theory of Geographic Speciation: The Transmutation Notebooks", *Ann. Sci., 35* (1978):275-297.

[37] L. von Buch, *Description physique des isles Canaries*, trad. de C. Boulanger (París, F. G. Levrault, 1926). Von Buch retornó el cumplido, pues luego de haber leído el *Journal of Researches* de Darwin, escribió a Humboldt que sus ideas del origen de las especies en la Tierra "fueron avivadas por la descripción sólida y excelente de Darwin sobre las Galápagos". Sin embargo, no estaba de acuerdo con la teoría de Darwin sobre la formación de atolones de coral. Véase H. Beck, *Alexander von Humboldt*, Wiesbaden, F. Sterner, 1959, II, 301, n. 120.

como Nueva Zelanda, era comprensible para Darwin por su posición acerca del aislamiento. Sus cuadernos también proporcionan evidencia de otros señalamientos cualitativos, todos muy plausibles con base en la descendencia. Por ejemplo, mientras más antiguo fuera un grupo de organismos, su distribución geográfica debería ser más amplia, y viceversa; los grupos relativamente más recientes deberían estar más restringidos. Por supuesto, el hecho de que ciertos grupos de animales estuvieran restringidos, o casi, a ciertas áreas, aunque estaban bien adaptados para vivir en otros lugares, era un fuerte argumento a favor de la evolución.

De hecho, Darwin se había impresionado mucho por el hecho de que los perezosos y los armadillos estuvieran confinados a Sudamérica y de que el megaterio extinto hubiera habitado la misma región.[38] En la primavera de 1839 Darwin señaló:

> Las variedades se hacen de dos formas: variedades locales cuando masas enteras de especies están sujetas a alguna influencia, y esto se daría por el cambio de localidad: pero los galgos, los caballos de carreras, los pichones Poulter no se han producido así, sino por cruzas repetidas y manteniendo razas puras –e igual en las plantas, la descendencia es escogida y no se le permite cruzarse–. Si la naturaleza tiene un proceso análogo, puede producir resultados grandiosos. Pero cómo aun en una isla, si es así, entonces proponer mi teoría –teoría excelentemente verdadera (E, p. 118).[39]

Esta cita muestra claramente que Darwin reconocía a *priori* que la selección natural podía dar lugar a una evolución lineal, donde una especie evoluciona hacia una sola especie nueva. La analogía con la selección artificial, es decir, la *elección* del criador que selecciona los individuos que quiere y no permite su cruza con los individuos de rasgos indeseables, sugiere el modelo de evolución ramificada. ¿Pero cómo lleva a cabo la naturaleza el aislamiento reproductivo? ¿La especiación en la naturaleza es alopátrica o simpátrica? Darwin creyó hasta 1842 que la especiación en la naturaleza era alopátrica, lo cual refleja la prioridad de su interés zoológico. (Todavía es una pregunta abierta si es que la especiación simpátrica ha ocurrido alguna vez en los animales superiores.) Pero los estudios botánicos de Darwin, sobre todo después

[38] En el capítulo 10 del *Origin*… Darwin escribió: "Hace muchos años, el Sr. Clift mostró que los mamíferos fósiles de las cuevas de Australia están estrechamente relacionados con los marsupiales vivientes de ese continente[...]. Estaba tan impresionado con estos hechos, que en 1839 y 1845 insistí mucho en esta 'ley de sucesión', en 'esta sorprendente relación en el mismo continente entre lo muerto y lo viviente'". Véase también F. Darwin y A. C. Steward (ed.), *More letters of Charles Darwin*, 2 vols., Londres, John Murray, 1903, carta 87, a C. Lyell, pp. 132-134. De ahora en adelante este libro será citado como *More letters*.

[39] E, p. 114, está fechado el 12 de marzo de 1839. En alguna fecha posterior, Darwin insertó después de la oración "Si la naturaleza tiene un proceso análogo..." las palabras "hacer la dificultad aparente con preguntas cruzadas".

de 1842, le dieron evidencia clara de la especiación simpátrica en plantas. Y el trabajo notable de Edward Forbes sobre los invertebrados en el Mar Egeo[40] debió hacer surgir preguntas en la mente de Darwin sobre cómo podría haberse originado por especiación alopátrica la riqueza de especies en mar abierto.[41]

Había otros problemas. La selección natural como mecanismo actuaba selectivamente sobre los *individuos*. Hacia agosto de 1838, Darwin había situado el lugar de las variaciones al azar en los individuos. Aunque su intención original era establecer las causas de la variación, su estudio sobre la crianza de los animales le impresionó porque cada individuo es diferente a los demás y le hizo ver la importancia central de seleccionar a los individuos usados en la cruza. En el periodo de 1838 a 1844 no hubo duda en la mente de Darwin de que el mecanismo que operaba en la naturaleza actuaba selectivamente sobre los individuos: "Cada individuo de cada especie mantiene su lugar, ya sea por su propia lucha y capacidad de adquirir alimento en algún periodo de su vida (del huevo en adelante) o por la lucha de sus padres (en organismos de vida corta, cuando el principal obstáculo se presenta en intervalos largos) en contra y en comparación con otros individuos de la *misma* o de *diferente* especie".[42] Aunque la dinámica debía ser individualista, uno de los componentes centrales de la teoría, a saber, el origen, distribución y propagación de las variaciones entre los individuos, era *terra incognita.* Para resolver este problema, Darwin tuvo que aceptar un nivel de descripción más tosco, con variedades y especies como unidades de variación. Creo que fue su ignorancia de las leyes de la genética en los individuos y la imposibilidad de formular leyes "invariables" sobre variación y herencia en los individuos, lo que llevó a Darwin a basar su teoría de la especiación en leyes fenomenológicas de la variación en especies abundantes con amplia distribución. Las especies abundantes que presentan el mayor número de variedades son las que tienen más probabilidad de producir nuevas especies. Las especies abundantes con distribuciones amplias son las que con probabilidad mayor pueden encontrarse en diferentes regiones geográ-

[40] E. Forbes, "Report on the *Mollusca* and *Radiata* of the Aegean Sea, and on Their Distribution Considered as Bearing on Geology", *Report of the Thirteenth Meeting of the British Association for the Advancement of Science, 13* (1843): 130-207.

[41] El trabajo de Forbes muestra que, como la Tierra, el fondo oceánico está subdividido en zonas y localidades. Aunque la formación de especies por aislamiento geográfico en el fondo marino era concebible, no era claro cómo ocurría dentro de una misma zona. El trabajo de Forbes probablemente reforzó la idea de Darwin de que la adaptación era hacia nichos ecológicos. Ahora es claro que Darwin enfrentaba problemas muy difíciles, muchos todavía sin resolver. La respuesta a la pregunta de si las especies se originan alopátrica o simpátricamente es ambigua. El vocabulario que ha surgido en años recientes es revelador. ¡Además de la especiación alopátrica y simpátrica se habla de especiación semigeográfica, semisimpátrica, estasipátrica, parapátrica, aloparapátrica! Véase, por ejemplo, G. L. Brush, "Modes of Animal Speciation", *Annu. Rev. Ecol. Syst., 6* (1975): 339-364.

[42] "Ensayo de 1844", p. 119.

ficas; esos ambientes nuevos darán como resultado la producción de variaciones, por lo tanto de variedades nuevas. Una distribución amplia también hace más probable que los mecanismos de aislamiento físico existan, permitiendo que las variedades se conviertan con el tiempo en verdaderas especies. Así, las especies abundantes de amplia distribución que presenten el mayor número de variedades, son las que con más probabilidad producirán especies nuevas. Creo que fue este enfoque y la aceptación consecuente de trabajar al nivel variedad-especie lo que generó la extensa búsqueda de Darwin de planteamientos fenomenológicos sobre la variabilidad en géneros y especies de distribución amplia en los años cuarenta y cincuenta. Precisamente, los datos que necesitaba estaban a la mano en la estadística de plantas de los fitogeógrafos y en los informes de los mejores zoogeógrafos.

A fines de los cuarenta, las investigaciones de Darwin sobre la distribución geográfica de la flora y la fauna, sobre taxonomía basada en la descendencia, junto con sus dificultades con los mecanismos de especiación y con qué tanta importancia darle a la competencia intraespecífica en comparación con la interespecífica, habían reforzado su enfoque de considerar como unidades de descripción a las variedades y especies. Por tanto, quizá no sea muy sorprendente que cuando a principios de los cincuenta Darwin enfrentó nuevamente el problema general de la ramificación de las especies y su divergencia subsecuente, haya olvidado las ideas de 1839 basadas en un enfoque estrictamente individualista.[43]

La correspondencia de Darwin con Hooker muestra su constante preocupación en los cuarenta y principios de los cincuenta por problemas relacionados con la especiación en plantas. Probablemente, preguntas similares acerca de la taxonomía y la distribución geográfica de los cirrípedos hicieron surgir la cuestión de una explicación global acerca del aumento de la diversidad de los organismos en el tiempo, esto es, una explicación aplicable a toda la esfera biológica. Leer en 1852 a Milne-Edwards le ayudó a esclarecer la cuestión. En su *Zoología general,* Milne-Edwards había elevado al estatus de leyes fenomenológicas generales la siguiente afirmación: de "La naturaleza es pródiga en la variedad de sus creaciones, pero parca en cuanto a diversificar sus obras",[44] a las que llamó la ley de diversidad y la ley de economía. El reto para Darwin era cómo explicar en términos de un mecanismo universal estas observaciones familiares y bien conocidas.

Pero así como antes de septiembre de 1838 Darwin estaba familiarizado con Malthus, del mismo modo antes de 1852 conocía la doctrina de Adam Smith sobre la división del trabajo como el mecanismo competitivo que dirige la economía

[43] Este punto ha sido enfatizado por Ernst Mayr en conversaciones privadas.

[44] Milne-Edwards, *Zoologie générale*, pp. 7-8. La idea de que "la naturaleza es como un artista retratando miles de veces desde un solo plano" es de Goethe.

"artificial" del comercio y la industria, así como también conocía el concepto de división del trabajo. Tanto en 1852 como en 1838, Darwin pudo mezclar los conceptos que ya conocía sólo después de llegar a cierta etapa de sus investigaciones científicas. En su inteligente análisis sobre cómo llegó Darwin al principio de divergencia de los caracteres, Limoges enfatizó que Darwin transformó la concepción de Milne-Edwards. Estoy de acuerdo. Mientras que para Milne-Edwards la ley de diversidad y la ley de economía eran planteamientos fenomenológicos y la "división del trabajo fisiológico" un principio unificador que *describe* la especialización de funciones observada en los organismos, para Darwin la "división fisiológica del trabajo", la selección natural y la extinción eran los elementos de una dinámica autoconsistente que podía explicar la divergencia. Después de que Darwin leyó a Milne-Edwards todas sus ideas previas embonaron. La adaptación hacia un lugar en la economía de la naturaleza, junto con el principio de la máxima cantidad de vida por unidad de área como la fuerza impulsora principal, hacían entendible por qué hay divergencia de caracteres: en la diferenciación ecológica y en la adaptación, el principal factor de divergencia es la especialización funcional.

En el "Esbozo" y en el "Ensayo" Darwin trató la adaptación como un proceso por el cual los individuos encuentran un nicho ecológico (es decir, una función) en la naturaleza, pero había insistido en discutir la especiación en términos de variedades que después se aislaban geográficamente. No tenía forma alguna de ligar la adaptación y la especiación, excepto a través de lo que pudiera proporcionar una idea con resonancias casi embriológicas sobre "la tendencia más fuerte posible a aumentar el número de seres vivos". La discusión de Milne-Edwards sobre la división del trabajo fisiológico sugirió a Darwin una relación explícita entre adaptación y especiación: los organismos que se mueven hacia nichos no ocupados disfrutarán de menos competencia, por ello tendrán una ventaja adaptativa e impulsarán a sus especies a moverse hacia los mismos nichos. Como la competencia es más intensa entre especies muy cercanas, el resultado será la divergencia. Pero hay que hacer notar una diferencia importante: la discusión de Milne-Edwards se basaba en metafísica teológica, mientras que el mecanismo de Darwin era "autorregulador", evitaba la teología y renunciaba a las causas finales. Además, en vez de basar su discusión en ventajas competitivas del individuo como resultado de una división del trabajo, Darwin se apoyaba en la máxima cantidad de vida por unidad de área como el principio dominante.

No dudo que cuando adoptó la formulación máximo-mínimo de los utilitaristas y las ideas de Adam Smith sobre la ventaja competitiva de la división del trabajo, Darwin se dio cuenta de que estaba "biologizando" las explicaciones que la economía política daba sobre la dinámica de la riqueza de las naciones. En los cuadernos de

transmutación y en los cuadernos M y N,[45] Darwin había afirmado explícitamente la esperanza de que su teoría evolutiva y su mecanismo podrían explicar el desarrollo del instinto, de la inteligencia y de las sociedades humanas. Para Darwin, la psicología y la economía política eran ramas de la biología evolutiva, cuyas leyes empíricas tenían que ser explicadas eventualmente por principios biológicos.

Pero Darwin también se daba cuenta de las limitaciones que la sociedad impone al desarrollo de la biología como disciplina científica. Como todas las otras ciencias, la biología no debía ser manchada con ideología política, al menos no consciente o abiertamente. Creo que ésta fue una de las razones por las que Milne-Edwards resultó tan atractivo para Darwin. Podía metamorfosear la división del trabajo fisiológico de Milne-Edwards en la división fisiológica del trabajo,[46] atribuir este principio a un gran zoólogo y teórico de la biología y nunca tener que referirse a la economía política. En la *Selección natural*[47] y el *El origen de las especies*,[48] Darwin cita el concepto de Milne-Edwards de división fisiológica del trabajo e indica su relación con el principio de divergencia. Darwin escribió en marzo de 1857 la versión inicial del principio, que yo creo es la versión "universal" encontrada en el primer bosquejo de *Selección natural,* y es esencialmente esta versión la que comunicó a Asa Gray en septiembre de ese año.[49] El principio fue amplificado una vez más cuando Darwin trabajó en el capítulo de "Distribución geográfica" de *Selección natural,* en la primavera de 1858.[50]

[45] Los cuadernos M y N han sido transcritos por Paul Barret y publicados en Gruber y Barret, *Darwin on Man.*

[46] La posición del adjetivo "fisiológico" es importante. Como uno de los editores de *More Letters,* Francis Darwin, comentó que el uso de Darwin de la "división del trabajo fisiológico" en su carta a Hooker en 1854 fue "un desliz de la pluma por división fisiológica del trabajo". Pero, en realidad, Darwin estaba citando correctamente a Milne-Edwards. Fue con su propia letra que Darwin escribió "fisiológico" antes de "división". Véase *More Letters*, I, p. 233.

[47] Darwin, *Natural Selection*, p. 233.

[48] Darwin, *Origin*, pp. 115-116.

[49] Darwin y Wallace, *Evolution by Natural Selection*, pp. 264-267.

[50] R. C. Stauffer, en su edición magistral de *Natural Selection* indica que el cap. 6, "Sobre la selección natural", fue hecho en dos periodos diferentes. El primer bosquejo (escrito en papel gris) fue completado el 31 de marzo de 1857, y contiene sólo una breve mención del principio de divergencia. Las últimas adiciones y revisiones (escritas en papel gris azulado) fueron hechas entre el 14 de abril y el 12 de junio de 1858, y en ellas Darwin dedica más de 40 páginas a la divergencia. La referencia a Milne-Edwards está en el segundo bosquejo del principio de divergencia. John L. Brooks (*The American Philosophical Society Yearbook*, 1968, pp. 534-535) ha sugerido que el concepto de Darwin sobre la divergencia fue formulado en respuesta al recibimiento del manuscrito de Wallace en 1858. Brooks sugirió que Darwin no recibió el manuscrito el 18 de junio de 1858, como generalmente se acepta, sino el 18 de mayo. De modo que Darwin habría tenido el manuscrito en sus manos durante varias semanas antes del 12 de junio, fecha que da Darwin en su diario privado para la finalización de la "nota sobre divergencia" que insertó en el capítulo 6 del largo manuscrito del que el *Origin of Species* es un resumen. En *Wallace and Natural Selection*, H. L McKinney New Haven, Yale University

Fue evidentemente entonces cuando se le ocurrió mezclar la visualización del diagrama del árbol de la vida de las primeras partes del cuaderno B con la dinámica del principio de divergencia. El famoso diagrama de la pagina 116 de *El origen…* (que también aparece en *Selección natural)* representa el proceso de especiación en el espacio y en el tiempo. Es el punto culminante de *El origen…* e ilustra dramáticamente el origen de las especies.

Así que el esclarecimiento de cómo Darwin obtuvo y formuló finalmente el principio de la divergencia de los caracteres ilustra el proceso de formación de una teoría como una interacción compleja de factores internos, externos y de psicología individual. A continuación se examina este proceso en detalle.

DARWIN Y LA DIVERGENCIA DE LOS CARACTERES

En su *Autobiografía,* Darwin recuerda que cuando abordó por primera vez, en el periodo de 1838 a 1844, la cuestión de cómo explicaría la selección natural la formación de nuevas especies, le faltó tomar en consideración un problema de gran importancia:

> Este problema es la tendencia de los seres orgánicos descendientes del mismo ancestro a divergir en carácter a medida que se modifican. Es obvio que han divergido mucho por el modo en que todo tipo de especies puede ser clasificado en géneros, géneros en familias, familias en subórdenes y así sucesivamente *(Autobiography,* p. 68).

En 1876, Darwin se preguntaba cómo podía haber pasado por alto este problema y su solución, y luego recuerda su alegría al encontrar la solución: "Puedo recordar el sitio exacto del camino, a bordo de mi carruaje, en que por fortuna se me ocurrió la solución; y esto fue mucho después de que llegué a *Down*"(*Autobiography,* p. 69). En esa misma página, Darwin también dijo creer que la solución "es que la descendencia modificada de todas las formas dominantes y en aumento tiende a adaptarse a muchos y muy diversificados lugares en la economía de la naturaleza".

Darwin comunicó por primera vez su "principio de divergencia" a Hooker en una carta fechada el 22 de agosto de 1857. Después de preguntar si los hallazgos de Hooker corroboraban los resultados de Asa Gray y de H. C. Watson, quienes habían marcado para él en sus catálogos varias especies de la flora británica estrechamente relacionadas pero aún así distintas, Darwin comenta:

> Si todo concuerda es muy importante para mí; ya que explica, como pienso, toda la clasificación, es decir, la cuasi-ramificación

---

Press, 1972, pp. 138-146, ha mostrado concluyentemente que Darwin no recibió el manuscrito de Wallace antes del 3 de junio de 1858, pero no puede haber duda de que Darwin tenía el concepto de divergencia de los caracteres antes de mayo o junio de 1858. La carta de septiembre de 1857 a Asa Gray sería suficiente prueba de ello.

> y subramificación de las formas, como si a partir de una raíz surgieran grandes géneros que crecen y se dividen, etc., como usted lo percibirá. Pero, entonces, aparece también lo que llamo el principio de divergencia, que creo puedo explicar, pero es muy largo y a lo mejor a Usted no le interesa.[51]

Sin embargo, estableció más completamente el principio en su famosa carta a Asa Gray del 5 de septiembre de 1857:

> Otro principio, que puede ser llamado el principio de divergencia, juega, creo yo, una parte importante en el origen de las especies. Un mismo sitio tendrá más vida si es ocupado por formas diversas. Vemos esto en las muchas formas genéricas que hay en una yarda cuadrada de césped, y en las plantas e insectos sobre cualquier pequeña islita uniforme, pertenecientes casi invariablemente a tantos géneros y familias como especies[...]. Puede decirse que cada ser vivo, al propagarse tan rápido, está esforzándose lo más que puede por aumentar su número. Así será con la descendencia de cualquier especie después de que se ha diversificado en variedades o subespecies o especies verdaderas. Y de ello se deriva, creo, que los descendientes variantes de cada especie tratarán (sólo unos cuantos tendrán éxito) de apoderarse de tantos y tan diversos sitios en la economía de la naturaleza como sea posible. Cada nueva variedad o especie, una vez formada, generalmente tomará el lugar de y por lo tanto exterminará a su antecesor menos adaptado. Creo que esto explica el origen de la clasificación y afinidades de los seres vivos en todos los tiempos; ya que los seres orgánicos parecen siempre ramificarse y subramificarse como las ramas de un árbol a partir de un tronco común, las ramitas florecientes y divergentes destruyen a las menos vigorosas; las ramas muertas y perdidas representan géneros y familias extintos.
>
> Este esbozo es *muy* imperfecto, pero en un espacio tan pequeño no puedo mejorarlo. Su imaginación deberá llenar huecos muy grandes.[52]

La gran importancia que Darwin dio al principio de divergencia es evidente en todos sus escritos sobre el tema. Mientras trabajaba en el "gran libro sobre las especies", Darwin escribió a Hooker el 8 de junio de 1858: "el 'principio de divergencia' que con la 'selección natural' es la pieza angular de mi libro; y tengo mucha confianza en que sea correcto".[53] Cuando en julio de 1858 reclamó el crédito junto con Wallace del descubrimiento de "las leyes que afectan la producción de variedades, razas

[51] *More Letters,* II, p. 99.

[52] La carta fue reimpresa en *Natural Selection* de Darwin y Wallace, pp. 264-267. De acuerdo con A. H. Dupree, *Asa Gray* (Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1968), pp. 246-247, 248-249n23, la carta de Darwin a Gray fue escrita por un escribano, pero corregida por Darwin. "Difiere en ciertos detalles de la versión publicada por la Sociedad Linneana".

[53] *More Letters,* II, p. 109.

y especies” en una reunión de la Sociedad Linneana, Darwin añadió al material presentado a la Sociedad la carta a Gray mencionada arriba, que delineaba el principio de divergencia.[54]

De una carta que Darwin escribió a George Bentham en 1863, Gavin de Beer infirió que Darwin llegó al principio alrededor de 1852.[55] En esa carta Darwin decía:

> Puedo declarar conscientemente que nunca me sentí sorprendido ante nadie que se adhiriera a la creencia en la inmutabilidad; aunque con frecuencia me sorprenden mucho los argumentos para defenderla. Recuerdo muy bien mis oscilaciones interminables de duda y dificultad. Me hace gracia pensar en los años que pasaron antes de que concibiera las ideas que creí explicarían algunas partes del problema. Creo que fue después de años de haber empezado que advertí el significado y la causa de la divergencia de los descendientes de cualquier pareja.[56]

Por la importancia que Darwin dio al principio de divergencia es interesante que, aunque podía recordar el lugar exacto del camino donde se le ocurrió la solución, no pudiera señalar más exactamente la fecha en que tuvo esa idea. Parece que había suficientes preocupaciones en su vida, por ejemplo, finalizar su primer volumen sobre los cirrípedos,[57] como para que Darwin añadiera “creo” a esa fecha. Asimismo, en vista de la importancia del principio, es extraño que Darwin no indique el contexto en el que llegó a él.

En su “gran libro sobre las especies”, el principio de divergencia es presentado en el capítulo VI, “Sobre la selección natural”. Darwin abre su discusión del principio diciendo que cree ha “jugado una parte muy importante en la selección natural”.[58] El principio es explicado

[54] Charles Darwin y Alfred Wallace, “On the Tendency of Species to form Varieties” y “On the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection”, J. Linn. Soc., 3 (1859): 45 (leídos el primero de julio de 1858), sobre todo el “Abstract of a Letter from C. Darwin., Esq., to Professor Asa Gray of Boston, U. S., dated September 5, 1857”.

[55] De Beer, *Evolution by Natural Selection*, p. 140. Fue el artículo de George Bentham sobre la inmutabilidad de las especies el desplazado por la lectura del material de Darwin y Wallace en la Sociedad Linneana el primero de julio de 1858. Bentham parece haber sido una de las pocas personas sorprendidas por los hallazgos de Darwin y Wallace, ya que alteró su artículo a la luz de su presentación. Bentham era un naturalista cuyo libro *Labiatarum Genera et Species* (Londres, 1832-1836) había estudiado Darwin en 1837-1839. El 6 de marzo de 1838, Darwin anotó en la página 104 del cuaderno E: “El Sr. Bentham dice creer que en las Islas Sandwich hay muchos casos de géneros característicos del archipiélago que contienen especies características de las islas individuales. En su trabajo sobre *Labiatae*, algunas de las especies descritas para las Islas Sandwich, caso capital, son muy similares a las de Galápagos, estudiar la flora, ¿a qué formas generales están las *Labiatae* más cercanas, a los grupos americanos o a los indios?”

[56] LLD, II, pp. 210-211.

[57] Charles Darwin, *A Monograph on the Subclass Cirripedia with Figures of All Species: The Lepididae or Pedunculated Cirripedes,* Londres, The Ray Society, 1851.

[58] Darwin, *Natural Selection,* p. 227.

("como en todos los otros casos") mediante la selección artificial.

> En nuestras producciones domésticas […] toda peculiaridad nueva sorprende al hombre como una curiosidad o puede serle útil; y sigue de manera lenta y con frecuencia inconsciente seleccionando las formas más extremas... y hace varias razas mejoradas de pichones, palomas mensajeras, palomas de cuello grueso, palomas cola de abanico, etc., todas tan diferentes o divergentes como es posible de su ancestro original, el pichón de roca; las formas intermedias que a sus ojos son aves inferiores, han sido ignoradas en cada generación y ahora están extintas. Además, podrán conservarse muchos más pichones elegantes... después de que se hayan dividido en razas muy distintas que cuando existían unas cuantas más similares entre sí.

Darwin señala luego que un principio análogo, "no sujeto al capricho", trabaja en la naturaleza:

> y las variedades de la misma especie, y especies del mismo género, familia u orden están sujetos todos más o menos a esta influencia. Ya que en cualquier localidad puede mantenerse un número mucho mayor de individuos descendientes de los mismos ancestros, cuando están muy modificados de modos muy distintos en hábitos, constitución y estructura, como para que llenen tantos lugares como sea posible en la economía de la naturaleza, que cuando no están nada modificados o sólo muy ligeramente.
>
> Podemos ir todavía más allá, e independientemente del caso de las formas que supuestamente han descendido de ancestros comunes, afirmar que una mayor cantidad absoluta de vida puede ser mantenida en cualquier localidad o en el globo cuando la vida se desarrolla con muchas formas muy diferentes que cuando lo hace bajo unas cuantas formas relacionadas; la medida más justa de la cantidad de vida es probablemente la cantidad de composición y descomposición química en un periodo determinado.[59]

Más adelante en su discusión, Darwin afirma:

> La idea de que el mayor número de seres orgánicos (o más precisamente la mayor cantidad de vida) puede ser mantenido en cualquier área por la mayor cantidad de su diversificación[...] es de hecho la "división del trabajo", tan admirablemente planteada por Milne-Edwards,[60] quien argumenta que un estómago digerirá mejor si no sirve, al mismo tiempo, como órgano respiratorio; que un estómago obtendrá más nutrimento a partir de materia vegetal o animal si está adaptado a digerir cualquiera de ellas por separado en vez de ambas. Es obvio que más des-

[59] *Ibid.,* p 228.

[60] Milne-Edwards, *Introduction a la Zoologie générale...* París, 1851, véase p. 35, pp. 55-57, y art. "Organisation", en *Dict. class. hist. nat., vol.* 12, París, 1827, pp. 332-44.

cendientes de un animal carnívoro podrán sostenerse en cualquier lugar si algunos están adaptados, por modificación largamente sostenida a través de la selección natural, para cazar presas pequeñas, y otras presas grandes que vivan en llanuras o en bosques, en madrigueras o en árboles, o en el agua.

Darwin enfatizó que consideraba "de suma importancia reconocer completamente que la cantidad de vida en cualquier lugar y, aún más, que el número de descendientes modificados a partir de un ancestro común, en gran parte dependerá de la cantidad de diversificación que hayan experimentado para llenar mejor tantos y tan diferentes lugares como sea posible en el gran esquema de la naturaleza".[61] En el capítulo IV de *Selección natural,* Darwin estableció que las especies de los géneros mayores en cualquier lugar (no todas las especies, "sino sólo algunas y sobre todo las de amplia distribución, más difundidas y numerosas en individuos") presentan un promedio mayor de variedades, que son en "cierto grado permanentes",[62] respecto al que presentan especies de géneros menores. Las formas más modificadas de estas variedades estables, es decir, las especies incipientes, están menos expuestas a la extinción.

La formación de nuevas variedades y especies por selección natural implica mucha extinción de las menos alteradas. De allí que aunque los géneros mayores pueden estar variando más, y deben haber variado grandemente como para llegar a modificarse en muchas formas específicas, sin embargo esos grandes géneros deben haber sufrido una gran cantidad de extinción.[63]

"La compleja acción de estos principios, es decir, selección natural, divergencia y extinción",[64] es expresada mediante el famoso diagrama que ilustra "el modo por el que las especies, creo, descienden unas de las otras".[65]

La discusión del principio de divergencia en *El origen de las especies* fue copiada de *Selección natural.* En *El origen…* el problema a resolver es planteado así: "¿Cómo se magnifica la pequeña diferencia entre variedades para transformarse en la gran diferencia entre especies?"[66] Algunos de los aspectos que Darwin enfatizó más en el "gran libro sobre las especies", en particular los aspectos cuantitativos de su formulación de la selección natural, el número de variedades estables en los grandes géneros y la dinámica de la extinción, no son igualmente enfatizados en *El origen*... Lo que se gana con la exposición más breve es la metáfora que representa las afinidades de todos los seres de la misma clase como "un gran árbol" y la relación de la representación diagramática del "gran árbol de

[61] *Ibid.,* p. 234.
[62] *Ibid.,* p. 235.
[63] *Ibid.,* p. 235.
[64] *Ibid.,* p. 235.
[65] *Ibid.,* pp. 236-237.
[66] Darwin, *Origin,* p. 111.

la vida" con la taxonomía y la especiación. En ese sentido, la discusión que sigue al "principio de divergencia" es el clímax de *El origen de las especies*.[67]

En el prefacio a *La variación de animales y plantas en domesticación*[68] Darwin explica sucintamente el problema y su solución.

> Veremos lo difícil, o más bien imposible, que es con frecuencia distinguir entre razas y subespecies, como han sido denominadas a veces las formas menos diferenciadas, y lo mismo ocurre entre subespecies y especies verdaderas. Luego intentaré mostrar que son las comunes y las de amplia distribución o, como pueden llamarse, las especies dominantes, las que varían con mayor frecuencia; y que son los géneros grandes y florecientes los que incluyen el mayor número de especies variantes. Como veremos, las variedades pueden ser llamadas con exactitud especies incipientes[...]. Las diferencias entre variedades naturales son ligeras, mientras que las diferencias entre especies del mismo género son considerables y son mayores aún entre las especies de distintos géneros. ¿Cómo se magnifican las diferencias menores hasta llegar a ser grandes diferencias?
>
> Se ha mostrado a partir de muchos hechos que la máxima cantidad de vida puede ser mantenida en cada área por la gran diversificación o por la divergencia en la estructura y constitución de sus habitantes. También hemos visto que la producción continua de formas a través de selección natural implica que cada variedad nueva tiene una ventaja sobre las otras, y esto lleva inevitablemente al exterminio de las formas más viejas y menos mejoradas. Estas últimas son casi necesariamente intermedias en estructura, así como en descendencia entre las formas recién producidas y las especies parentales originales; así las diferencias pequeñas características de las variedades se transforman en las diferencias mayores características de las especies, y por el exterminio de las formas intermedias viejas, las nuevas especies terminan por ser objetos nuevos.
>
> Por lo tanto, también veremos cómo es que los seres orgánicos pueden ser clasificados en grupos distintos mediante lo que es llamado un método natural, las especies en géneros y los géneros en familias.[69]

LA DIVERGENCIA EN LOS CUADERNOS

Cuando Darwin afirmó haber obtenido el principio de divergencia hacia 1852, parece haber olvidado las ideas que elaboró en 1837 y en el periodo posterior a su lectura de Malthus.[70]

[67] *Ibid.*, pp. 111-126.

[68] Charles Darwin, *The Variation of Animals and Plants Under Domestication,* 2 vols., Londres, John Murray, 1868; la segunda edición revisada apareció en 1875.

[69] Darwin, *Variation of Animals and Plants,* 2a. ed., p. 18.

[70] Gruber ha sugerido previamente que la idea de divergencia de los caracteres pudo habérsele ocurrido dos veces, *Darwin on Man,* p. 117.

Darwin trazó la imagen del árbol de la vida por primera vez en su cuaderno B en el verano de 1837. Los diferentes diagramas del árbol de la vida que aparecen en su cuaderno B representan (1) "el esfuerzo de cada elemento típico para extender su dominio hasta los dominios de otros";[71] (2) los huecos en el registro fósil con líneas punteadas, mostrando la continuidad entre formas hipotéticas extintas;[72] y (3) el papel de la extinción: la extinción es necesaria.[73] Los diagramas, por lo tanto, incorporan implícitamente la noción de lucha, el crecimiento exponencial del número de especies (ya que cada rama se divide en ramificaciones posteriores) y el papel de la extinción. La extinción es necesaria porque debe haber un mecanismo que mantenga el número de especies constante. La ley de la conservación de las especies era un principio de Lyell que Darwin aceptó en esta etapa de su teorización, como se indica en la página 36 del cuaderno B. El árbol de la vida también ilustra esquemáticamente la relación taxonómica entre especies y géneros, géneros y familias, y familias y subórdenes.[74] La imagen proporcionada por los diagramas hizo surgir en la mente de Darwin preguntas tales como: "¿está relacionada la brevedad de la vida de las *especies* de ciertos órdenes con los huecos en la *serie de conexiones?* (por supuesto, si empiezan en la misma época)" (B, p. 35). Los diagramas también ayudaron a Darwin a entender cómo podría ser explicado "el gran hueco entre las aves y los mamíferos, el aún mayor entre vertebrados y articulados, y el todavía más grande entre animales y plantas" (B, pp. 42-43), a saber: "Mientras *mayores sean* los *grupos, mayores serán entre ellos los huecos* (o *soluciones de estructuras continuas*)" (B, p. 42).

El punto importante aquí es que todas estas primeras nociones y sus representaciones pictóricas están basadas en una estructura conceptual en la que las especies son la unidad de análisis. El número total de especies es constante, sin embargo los diagramas sugieren un crecimiento exponencial en el número de especies, que de algún modo debe ser frenado. De aquí que la extinción deba ocurrir a gran escala. De hecho, después de las anotaciones sobre el árbol de la vida, Darwin especula ampliamente sobre la extinción. Pero no estaba aún satisfecho con su comprensión de la extinción, y hacia finales de 1837 escribió: "La parte más débil de la teoría es la muerte de las especies sin causa física aparente" (B,

[71] El primer diagrama aparece en B, p. 26. Una discusión particularmente profunda sobre los diagramas del árbol de la vida aparece en *Darwin on Man*, pp. 117-118, 140-149, 195-198, y en el ensayo de Gruber, "Darwin's Tree of Nature".

[72] El segundo diagrama está en B, p. 26; B, p. 25: "El árbol de la vida debería llamarse tal vez el coral de la vida; la base de las ramas muertas, de modo que las etapas no pueden ser vistas".

[73] El diagrama esta en B, p. 35; B, p. 36: "El caso debería ser que una generación anterior tuviera tantos vivientes como ahora. Para hacer esto y tener muchas especies (como sucede) *se requiere extinción*".

[74] B, pp. 21-22: "Seres organizados representan un árbol, *ramificado irregularmente*; algunas ramas están mucho más ramificadas, o sea, géneros". Véase también B, pp. 39-40.

p. 135), aun cuando antes había supuesto que la extinción era "una consecuencia de no adaptación a las circunstancias".[75]

Uno de los problemas que Darwin enfrentó en relación con la extinción fue que podía ser el resultado de eventos *accidentales*: el transporte al azar de alguna semilla o animal, o que el hombre introdujera flora o fauna nueva en un área geográfica. Otro problema era cómo integrar tales efectos al azar en una teoría determinística que debía explicar fenómenos en los que la extinción jugaba un papel importante.[76]

En ese momento, la escala del tiempo en que ocurre la extinción también provocaba problemas a Darwin. La extinción podía ocurrir rápida o lentamente. Cuando ocurría rápidamente, ¿era una violación al aforismo *"natura non faceit saltum"* con el que Darwin estaba comprometido? ¿Qué tan discontinuo podía ser un proceso para incluirlo en su tesis sin violar el "gran principio de la continuidad"? ¿Qué implicaciones tendría la extinción rápida para la cronología de Lyell del periodo Terciario, que se había basado en suponer tasas de cambio gradual y uniforme en el mundo orgánico?[77]

[75] B, pp. 37-38: "Con respecto a la extinción, podemos ver fácilmente que la variedad de ñandú pequeña puede no estar bien adaptada y por lo tanto perecer, o bien como la *Orphea*, estando favorecida, podrían producirse muchas".

[76] La evolución de la comprensión de Darwin sobre la extinción se narra claramente en las dos ediciones del *Voyage of the Beagle*. En la primera edición, el *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries Visited by H. M. S. "Beagle" under the Command of Captain Fitz Roy, R. N., From 1832 to 1836* (Londres, Colburn, 1839), cuyo manuscrito fue finalizado en 1837, antes de la inauguración de los cuadernos de transmutación, Darwin concluye su breve discusión de la extinción así: "Todo lo que ahora puede decirse con seguridad es que para los individuos, como para las especies, el curso de la vida ha seguido su camino, y se ha acabado". Sin embargo, Darwin había escrito un poco antes en esta discusión que "variaciones de clima y alimento, o introducción de enemigos, o el aumento del número de otras especies (son) la causa de la sucesión de razas". En la segunda edición del *Journal of Researches into the Natural History of the Countries Visited During the Voyage of H. M. S. "Beagle" Round the World* (Londres, J. Murray, 1845), Darwin escribió: "En verdad, ningún hecho en la larga historia del mundo es tan asombroso como la amplia y repetida extinción de sus habitantes". La discusión sobre la extinción es mucho más larga aquí, y Darwin establece explícitamente sus ideas malthusianas y expresa de modo brillante su preferencia por la especiación alopátrica, reitera su firme compromiso con una explicación natural de la extinción y sugiere irónicamente que no debería sorprendernos que la extinción estuviera precedida por densidades poblacionales muy bajas. Su discusión hace eco a la de Paley en *Natural Theology*: "Para un paciente al fin de su enfermedad... la muerte es sólo el último de una larga serie de cambios; en cuyo recorrido es posible que no sienta ningún choque o transición súbita". *The Works of William Paley, D. D.,* Filadelfia, J. Woodward, 1831, p. 479. Darwin también hace hincapié en que la extinción puede ser iniciada por un evento al azar. Estaba claro para Darwin que su teoría no tenía por qué explicar eventos al azar, como el transporte de una semilla por el viento o que las aves fuesen llevadas por una tormenta hacia una isla. Éstas son las *condiciones iniciales* para los fenómenos a explicar por la teoría, que debía dar cuenta de las *regularidades* que ocurrían cuando un sistema estaba en circunstancias específicas. Este punto había sido explícitamente discutido en el *Preliminary Discourse on Natural Philosophy* de Herschel (Londres, Lardner's Cabinet, 1831).

[77] *Principles of Geology* de Lyell, Londres, J. Murray, vol., I (1830), vol., II (1832) y sobre todo vol.,

La lectura del *Ensayo sobre la población* de Malthus en septiembre de 1838 llamó de nuevo la atención de Darwin sobre la importancia de la escala de tiempo.[78] Las dos leyes malthusianas son planteamientos cuantitativos que comparan tasas de crecimiento: el crecimiento de poblaciones humanas, si no es frenado, es exponencial comparado con el aumento en la fuente de alimento de la que el hombre subsiste, que tiende a tener una tasa de incremento constante.

Aclarar las diferentes escalas de tiempo involucradas llegó a ser muy importante para Darwin, a fin de entender cómo operaba la selección natural. Para empezar, tenía que determinar qué parámetros, como primera aproximación, podían ser considerados constantes en el tiempo al analizar varios fenómenos. La escala de tiempo principal y más relevante era la geológica: la escala de tiempo promedio para el hundimiento y elevación de los continentes y los cambios geográficos y climáticos consecuentes.[79] Darwin supuso que la escala de tiempo para la especiación estaba relacionada con esta escala de tiempo geológico.[80] Aunque la extinción podía, en ciertas circunstancias, estar relacionada con los cambios geológicos, la extinción podía ocurrir más rápido que esos cambios (como cuando una nueva especie invade un "lugar" en la economía de la naturaleza y extermina a los organismos que lo ocupaban previamente).[81] Comparada con la

III (1833). Véase también Rudwick, *Meaning of Fossils*, y Rudwick, "Charles Lyell's Dream of a Statistical Paleontology", pp. 225-244.

78 Véase mi análisis en "*Origin of the Origin*", pp. 299-302. Una anotación típica de esa época es la que Darwin escribió el 4 de octubre de 1838, en E, p. 4: "No puede objetarse a mi teoría que la cantidad de cambio en el tiempo histórico ha sido pequeña, porque el cambio de la forma es sólo adaptación de una raza a algún cambio de circunstancias; ahora sabemos que lenta e insensiblemente ocurren tales cambios, sentimos interés en descubrir un cambio de nivel de unos cuantos pies en los últimos dos mil años en Italia, pero, ¿qué cambio produciría tal cambio en la vegetación climática?, etc. Es la circunstancia de los cambios y oscilaciones físicas pequeños, que no afectan las formas orgánicas, de que todo el valor de la cronología geológica depende del sublime descubrimiento del género del hombre." Véase también la sección "On Time", cap. 7 del *Ninth Bridgewater Treatise* de Charles Babbage (Londres, John Murray, 1838), que Darwin leyó en octubre de 1838.

79 E, p. 125: "Nadie, más que un geólogo experto, puede comprender realmente qué tan viejo es el mundo, ya que las medidas no se basan en las revoluciones del sol ni en nuestras vidas, sino en periodos necesarios para formar acúmulos de piedra, etc.: la sucesión de organismos no nos dice nada acerca de la duración del tiempo, sólo sobre el orden de sucesión."

80 D, p. 140: "Cuando multiplicamos los efectos de los sismos, de las fuerzas que elevan los continentes en ascenso, del mar en las playas, realmente medimos la rapidez de los cambios de las formas e instintos en el reino animal."

81 El concepto ecológico de lugar es tratado en los cuadernos, por ejemplo, en E, p. 114 (12 de marzo, 1839): "Debemos recordar la multitud de plantas introducidas en nuestros jardines[...] que se propagan fácilmente y que podrían dispersarse por sí mismas al igual que las plantas silvestres, vemos qué plena es la naturaleza, que delicadamente toma cada quien su lugar." Previamente, en sus "Ornithological Notes", que muy probablemente fueron escritas durante 1836, en la última parte del viaje del *Beagle*, Darwin anotó: "Tengo especímenes [de los sinzontes de las

escala de tiempo geológico, la escala de tiempo para pequeñas variaciones individuales era breve, ya que las variaciones en una población son abundantes y ocurren por doquier. Las variaciones son aditivas y por sus efectos acumulativos (medidos en la escala de tiempo de una generación)[82] se producen variedades y eventualmente nuevas especies, por la operación de la selección natural. Hasta 1844, debemos recordar, Darwin creía que la especiación ocurre cuando los organismos individuales se aislan geográficamente, como en el caso de los sinzontes de las Galápagos.[83]

Galápagos] de cuatro de las islas más grandes[...]. Los especímenes de las islas Chatham y Albermarle parecen ser los mismos, pero los otros dos son diferentes. En cada isla se encuentra *exclusivamente* un tipo: los hábitos de todos son indistinguibles. Cuando recuerdo el hecho de que a partir de la forma del cuerpo, forma de las escamas y tamaño general, los españoles pueden determinar instantáneamente de qué isla proviene una tortuga. Cuando veo estas islas tan próximas unas de otras, y [pero] que poseen sólo una cantidad escasa de animales, habitadas por estos pájaros que difieren sólo ligeramente en estructura y que ocupan el mismo *lugar* [subraya SSS] en la naturaleza, debo sospechar que sólo son variedades[...]. Si hay la más ligera base para esto, valdría la pena revisar la *Zoología de los archipiélagos* ya que esos hechos [minarían] minan la estabilidad de las especies". N. Barlow (ed.), *"Darwin's Ornithological Notes"*, Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Hist. Ser. 2, núm. 7(1963); 203-262. Para el fechado de este pasaje véase S. Herbert, "The Place of Man in the Development of Darwin's Theory of Transmutation, Part I, to July 1837", *J. Hist. Biol., 7 (*1974), 217-258; G. Grinnell, "The Rise and Fall of Darwin's First Theory of Transmutation", *J. Hist. Biol., 7* (1974): 259-273; R. Colp. "Charles Darwin and the Galapagos", *N. Y. J. Med.,* 77 (1977):262-267.

82 E. p. 57: "Toda estructura es capaz de innumerables variaciones, ya que cada una de ellas deberá estar *perfectamente* adaptada a las circunstancias de los *tiempos* y ya que persisten a su lenta formación, estas variaciones tienden a acumularse en cualquier estructura." Es interesante notar que, hablando estrictamente, la escala de tiempo para las variaciones sólo tiene significado para una población.

83 De Darwin a Hooker, un domingo de 1844: "La conclusión a la que he llegado es que las áreas en que las especies son más numerosas, se han dividido y aislado con mayor frecuencia de otras áreas, unido y otra vez dividido; un proceso que implica antigüedad y algunos cambios en las condiciones externas. Esto sonará muy hipotético justamente. No puedo dar mis razones en detalle, pero la conclusión más general que me parece surgir de la distribución geográfica de todos los seres orgánicos es que el aislamiento es el principal concomitante, o causa de la aparición de nuevas *formas* (si bien sé que hay algunas notables excepciones). Segundo, a partir de ver con qué frecuencia las plantas y los animales abundan en un lugar cuando son introducidos en él, y de observar el enorme número de plantas que vivirían, por ejemplo, en Inglaterra, si se les mantuviera libres de *hierbas malas y plantas nativas*, he llegado a considerar que la dispersión y el número de seres orgánicos de cualquier lugar depende menos de sus características externas que del número de formas que se han creado o producido ahí originalmente. Dudo mucho que usted encuentre posible explicar el número de formas por diferencias proporcionales de exposición, y no puedo dudar de que si la mitad de las especies de cualquier lugar fuera destruida o no hubiera sido creada, de todos modos ese lugar nos parecería completamente habitado. Con respecto a la creación original o producción de nuevas formas, he dicho que el aislamiento parece ser el elemento más importante. Por lo tanto, con respecto a las producciones terrestres, en un pedazo de tierra que se haya sumergido con mucha frecuencia en los últimos periodos geológicos y se haya convertido en islas y luego reunido, esperaría encontrar la mayoría de las formas. Pero estas especulaciones son divertidas solamente para uno

En el periodo de intoxicación que siguió a sus ideas malthusianas, Darwin esperaba mostrar que la selección natural podía explicar las diferentes escalas de tiempo que exhibían las formas vivientes, porque "el gran propósito debe ser la ley y causas de los cambios" (E, p. 52). La selección natural debía incluir y explicar todo lo que se encontraba en el mundo viviente. Por supuesto, el escenario geográfico, geológico y climático en que los procesos biológicos se desarrollaban tenía que ser considerado, pero estos procesos inorgánicos serían explicados por las leyes de la física y la química.[84]

Pero pronto fue claro para Darwin que su sueño era imposible, ya que significaba abarcar el origen de todo en la Tierra y tener que considerar la interacción de todo con todo y especificar precisamente la evolución de cada variedad existente y extinta.[85] Tenía que aceptar un enfoque más modesto. No necesitaba intentar la explicación de todo. A cambio aceptaría una descripción fenomenológica de las formas de vida y las condiciones geológicas y climáticas en la Tierra en algún momento y luego las "causas secundarias" llevarían de esa etapa a otra posterior. Trabajando con este programa, primero establecería leyes fenomenológicas (por ejemplo, leyes de conservación del hundimiento y elevación de masas terrestres, la ley de la conservación de las especies, leyes del clima, leyes de la variación, leyes de correlación de las partes) y luego buscaría las causas, *verae causae*.[86] Esto era parte del mensaje comteano que Darwin había leído en agosto de 1838 y que concordaba fuertemente con sus ideas anteriores, inspiradas por su lectura de Herschel y Lyell.

Darwin se dio cuenta de que había varios modos de considerar los fenómenos. Podía considerar la evolución global duran-

mismo y, en este caso, inútiles, ya que no muestran ninguna línea directa de observación. Sus cartas de leyes geográficas requieren ser leídas y releídas, y yo sólo he leído sus últimas dos, de modo que no haré comentarios sobre eso. Parece, sin embargo, que convirtió la idea de 'formas típicas' en una idea más clara de lo que yo jamás había visto y despojó al mundo de la mitad, si no es que de todo su misterio: hace mucho que sospecho que las formas típicas y anormales sólo consisten de aquellas en las que ha sido creada o modificada una variedad mayor o menor, ¡¡con esta frase excelentemente dicha, concluiré!!". Esta carta se encuentra en la correspondencia Hooker-Darwin de la Biblioteca de la Universidad de Cambridge. Agradezco a Peter Gautrey y al bibliotecario por el permiso de consultarla. Parte de esta carta se incluye en LLD, I, pp. 388-389.

84 J. F. W: Herschel, "On the Astronomical Causes Which may Influence Geological Phenomena", *Trans. Geol. Soc.; London, 3* (1932):293-299. Véase también W. F. Cannon, "John Herschel and the Idea of Science", *J. Hist. Ideas, 22* (1961):215-239; Rudwick, *Meaning of Fossils*, p. 187; Dov Ospovat, "Lyell's Theory of Climate", *J. Hist. Biol., 10* (1977):317-339.

85 E, p. 52: "Al considerar todos los hechos para inducir la ley de la transmutación, no percibo qué deducciones son posibles."

86 Véase, por ejemplo, E, p. 51: "Pensando en los efectos de mi teoría, serán descubiertas leyes de correlación de las partes, a partir de leyes de variación de una parte afectando a otra." Véase también E, pp. 53-54 y p. 59: "¡Hurra! causa intermedia", en relación con el principio de *vera causa,* véase M. J. S. Hodge, "The Structure and Strategy of Darwin's Long Argument", *Brit. J. Hist. Science, 10* (1977):237-246.

te largos periodos de tiempo o podía fijarse en la descripción diferencial local. En este segundo enfoque, podía tratar de limitar la investigación a cómo operaba la selección natural en periodos cortos de tiempo en regiones geográficas muy localizadas. Este enfoque es equivalente a preguntarse cómo explica la selección natural el equilibrio dinámico observado. De hecho, en los *Principios de geología,* Lyell se había preguntado ya por qué un lugar cualquiera "es ocupado por pocas [especies], excluyendo a muchas y éstas pocas pueden, por largos periodos, mantener su territorio exitosamente contra todo invasor, sin importar las facilidades que las especies tienen, por virtud de sus poderes de difusión, de invadir territorios adyacentes".[87] Las explicaciones de Lyell recurrían a las interacciónes *entre* especies, y era en este contexto que se refería a la inspirada declaración de De Candolle: "Todas las plantas de un lugar dado están en guerra unas contra otras".

De 1838 a 1839, cuando Darwin estaba interesado sobre todo en las formas animales superiores, se dio cuenta de que en sus investigaciones de cómo la selección natural explicaba los equilibrios locales podía hacer simplificaciones importantes. Primero, podía suponer que los procesos geológicos y geográficos cambiaban de manera extremadamente lenta en el tiempo, que no eran afectados localmente por los fenómenos biológicos que sucedían, y por lo tanto el medio, en una primera aproximación, podía considerarse constante. Segundo, podía suponer que las tasas de reproducción y fertilidad, así como los tiempos generacionales, eran constantes. Al hacer esto Darwin infirió luego que el efecto promedio de la competencia interespecífica y los efectos climáticos a corto plazo resultaban en una provisión de alimentos para toda la especie que en promedio era constante. Es decir, Darwin podía hacer comprensible (y en este sentido, deducir) por qué el "porcentaje promedio de cada uno de los habitantes de un lugar permanecería de ordinario constante". En otras palabras, dado "el enorme poder de multiplicación inherente y anual en acción en todos los animales",[88] la selección natural podía ser responsable del equilibrio dinámico: en promedio la provisión de alimento era constante y la población de las diferentes especies permanecía constante.

El tercer punto de la famosa anotación en la página 58 del cuaderno E:

> Tres principios serán responsables de todo:
> 1. Nietos parecidos a los abuelos.
> 2. Tendencia a poco cambio… especialmente cuando hay cambio físico.
> 3. Gran fertilidad en proporción al sustento de los padres.

Hace explícita mi inferencia: hay sólo un planteamiento malthusiano y la segunda ley malthusiana se deriva de la primera. Como el mismo Darwin enfatizó, un

[87] Lyell, *Principles of Geology,* II, p. 130.

[88] "Ensayo de 1844", p. 118.

aspecto importante de la solución de su problema era la aplicación de la tesis malthusiana a toda la naturaleza. Para Darwin esto significaba que sólo había una ley malthusiana que establecía que cuando no se controlaba la tasa de crecimiento de una población de cualquier especie es exponencial. (Pero especies diferentes pueden tener escalas de tiempo reproductivo diferentes). Era este crecimiento exponencial el que daba lugar a presiones poblacionales, la *vera causa* de la selección natural, y a la consecuente competencia interespecífica e intraespecífica. Había una restricción obvia que tenía que ser tomada en cuenta al considerar el equilibrio de todo el sistema: lo limitado de la superficie terrestre. Las áreas que podían ser ocupadas por organismos vivos imponían un límite absoluto a la biomasa que la Tierra podía mantener.

Pero aunque era útil en este análisis, el planteamiento malthusiano sólo era un planteamiento fenomenológico importante, que eventualmente debería ser subsumido bajo un planteamiento más general y universal.[89] El hecho de que pudiera mostrarse que la segunda ley malthusiana, en relación con el suministro de alimento, era una consecuencia de la ley del crecimiento poblacional geométrico cuando esta ley se aplicaba a toda la naturaleza, sugirió cómo operaba el proceso.[90] Darwin estaba tratando estos problemas en enero de 1839 cuando escribió:

> El enorme número de animales del mundo depende de su estructura y su complejidad variadas –de aquí que a medida que se complican las formas, se abren modos frescos de incremento de su complejidad–, pero aun así, no es una tendencia necesaria en los animales simples a hacerse complejos, aunque probablemente todos han hecho eso por las nuevas relaciones causadas por la creciente complejidad de los otros. Podríamos preguntarnos por qué no existe al mismo tiempo un número igual de especies que tienda a disminuir su complejidad[...] mi respuesta es que, si empezamos con las formas más simples y suponemos que han cambiado, entonces estos mismos cambios tenderán a dar origen a otros[...]. No dudo de que si los animales más simples pudieran ser destruidos, los más organizados pronto se desorganizarían para ocupar sus lugares.
>
> Los cambios geológico-geográficos deben tender a veces a aumentar y a veces a simplificar estructuras. Sin la enorme complejidad es imposible cubrir toda la superficie del mundo con vida. De otra forma, una helada que matara las plantas de una parte del mundo, mataría a todas[...] es muy claro que una gran

[89] En otras palabras, las preguntas de por qué los organismos se reproducen para originar una tasa geométrica de crecimiento, y qué es la constante de tiempo, son importantes y deben ser contestadas por la teoría de la selección natural.

[90] Véase Schweber, "The Young Darwin", sobre la relación entre cómo opera la selección natural y cómo funciona la descripción newtoniana.

> parte de la complejidad estructural es adaptación[...].
>
> Al considerar el reino animal como es ahora, ¿no sería posible simplificar la organización de los diferentes seres (todos los peces al estado de *Ammocoetus, Crustacea* etc.) sin reducir el número de seres vivos?, pero existe la [tendencia] más fuerte a aumentarlos, de aquí que el grado de desarrollo o es estacionario o probablemente aumenta (E, pp. 95-97).[91]

Encuentro esta anotación sorprendente. Hay varios aspectos en ella. Uno concierne al problema de cómo conciliar la evolución de formas simples a complejas y la consecuente dirección del tiempo con el uniformitarismo de estado estacionario de Lyell y su rechazo explícito a la direccionalidad en el tiempo.[92] ¿Violan la "tendencia necesaria a hacerse complejo" las ideas de Lyell? ¿Implica que los procesos actuales son de un tipo diferente a los de antes? Con esto se relaciona la pregunta: "Si hay evolución de formas inferiores a superiores, ¿por qué hay todavía tantos seres con la estructura más simple?" Lyell había planteado esta pregunta en sus *Principios de geología,* y Darwin la respondió en las notas marginales a la quinta edición, que leyó en 1837: "Ya que había localidades más aptas para los animales más simples, así como para los más complejos, por eso algunos permanecieron simples si no fueron creados".[93] Sin embargo, nótese el cambio que ocurrió entre 1837 y 1839. En 1837, Darwin hablaba de adaptación a localidades, es decir, localidades geográficas. En enero de 1839, la adaptación es a "un lugar". Y para Darwin, la noción de lugar es ecológica: es *un lugar en la economía de la naturaleza*.[94]

Más aún, a partir de la anotación del cuaderno E en la que afirma no dudar de que si los animales más simples fueran destruidos, "los más organizados pronto se desorganizarían para ocupar sus lugares", es claro que para Darwin en 1839 la adaptación podía ser tanto "progresiva" como "regresiva" y la selección natural podía explicar *ambos* tipos de cambio.

La anotación también indica que al observar el proceso evolutivo, Darwin consideraba a los organismos como entidades que tenían una historia y una memoria (un programa, en la terminología moderna).[95] Sólo en virtud de haber obtenido un cierto grado de complejidad pueden aumentar posteriormente los organismos esa complejidad (cambiar su programa). Aunque no es una tendencia necesaria en los animales simples volverse complicados, Darwin sugiere que "las nuevas relaciones causadas por la complejidad de otros"

[91] La palabra *tendencia* no aparece en el manuscrito original de Darwin. De Beer la insertó.

[92] Agradezco a J. Hodge la discusión sobre este punto.

[93] Citado en Stauffer, "Ecology in the Long Manuscript Version of Darwin's *Origin of Species*", p. 237.

[94] Véase *Ibid.*, p. 238, para el uso de la palabra *lugar*.

[95] Véase el estimulante ensayo de 1974 de Mayr, "The Evolution of Living Systems", reimpreso en *Evolution and the Diversity of Life*, pp. 16-25.

inducirán la evolución de la complejidad. "Complejidad" no sólo significa la posibilidad de añadir complejidad adicional, también significa "diversidad".[96] "Sin gran complejidad (léase diversidad) es imposible cubrir toda la superficie del mundo con vida". Ya que existe "la tendencia más fuerte posible en cada organismo a aumentar" su número, el "grado de desarrollo" probablemente aumenta. La afirmación de Darwin sobre "la tendencia más fuerte posible a aumentar" es el primer paso en la generalización del principio malthusiano.

La transición desde el planteamiento malthusiano, es decir, que las poblaciones, si no son limitadas, aumentan geométricamente en un tiempo determinado, hasta una formulación en términos "de la tendencia más fuerte posible de aumentar" marca un cambio importante en Darwin. Mientras que el planteamiento malthusiano permitía explorar el equilibrio en determinado tiempo, la formulación en términos de "la tendencia al aumento máximo" permitía ver las configuraciones inicial y final y luego tratar de interpolarlas entre ellas en términos de la historia más probable.

En resumen, la teoría "local" formulada en términos de la ley malthusiana mimetizaba la descripción newtoniana *diferencial* de los fenómenos físicos, en los que el conocimiento de las condiciones en un tiempo y las leyes de la fuerza permiten determinar la historia del sistema en el instante siguiente. El planteamiento en términos de "una tendencia al aumento máximo" era el análogo del principio variacional que establecía que la trayectoria real de un sistema (dadas las leyes de la fuerza) era la que maximizaba una cierta expresión. En este modo "global" de ver el problema, las configuraciones (espaciales) inicial y final del sistema son prescritas (comparadas con la especificación de la posición y velocidad iniciales del enfoque diferencial), y la trayectoria que conecta la configuración inicial y la final es determinada luego.

No estoy sugiriendo que Darwin conocía estas formulaciones alternativas de la mecánica newtoniana,[97] pero creo que reconocía la utilidad *inherente* del segundo enfoque. Este le permitió considerar tanto el estado inicial como el final y dar una *historia* posible de la evolución desde el estado inicial al final. Las condiciones geológicas y climáticas en cada periodo, junto con la competencia ejercida por otras especies y por los miembros de la misma especie, son las "fuerzas" que "seleccionan" la historia particular.

La introducción de la "historia" en la biología es sólo una faceta de la gran transformación del mundo intelectual que comenzó en la segunda mitad del siglo XVIII (y que será discutida después). Un aspecto de esta transformación fue el cambio de un pensamiento descriptivo a uno en términos

[96] En C, p. 147e, Darwin dice que la cantidad de vida en el planeta depende de "las subdivisiones de las localidades y de la diversidad".

[97] Ni Herschel en su *"Preliminary Discourse"* ni Whewell en su *History of the Inductive Sciences* tratan estas formulaciones variacionales de la mecánica. No he establecido si Darwin conocía estos principios en óptica.

de desarrollo. Por supuesto, la atracción de Darwin por este tipo de explicación no es sorprendente. Creer en la evolución implica un compromiso con esta actitud. Así, la explicación de Buffon de las diferencias entre las especies era "histórica". A principios del siglo XIX, también la ciencia de la geología tenía como meta descubrir el camino por el que un estado de la Tierra cambia hacia otro, y la formación inicial de Darwin era geológica.

Hay otro punto importante en el enfoque "global". Aun cuando uno considere las configuraciones *inicial* y *final,* el enfoque no es teleológico. Hay dos fuentes que Darwin leyó en el periodo 1839-1841, además de las obras de economía política que consideraré después, que tratan cuestiones científicas de un modo equivalente, a saber, las *Disertaciones sobre temas científicos*[98] de Brougham y la *Química orgánica* de Liebig.[99] Ambos libros usan el enfoque de maximización-minimización.

Darwin estudió las *Disertaciones* de Brougham en 1839, cuando trabajaba en asuntos relacionados con el instinto, y los cuadernos M y N contienen varias referencias a él. El volumen I de las *Disertaciones* también contenía una larga nota titulada "Observaciones, demostraciones y experimentos sobre la estructura de las celdas de las abejas". En ella, Brougham se preguntaba cuáles eran las implicaciones para la geometría de las celdas del requerimiento de que se hiciera "el mayor ahorro posible tanto de espacio y cera como de trabajo". ¿Cómo deberían ser hechas las celdas para colocar el mayor número posible en cada hilera, cuando se aplica la restricción adicional de que "la forma de todas… den el mayor tamaño de las paredes y el más pequeño de la base romboidal"?

Brougham consideraba todos los aspectos del problema: la fisiología de la manufactura de la cera por las abejas, el trabajo involucrado, el problema matemático de minimizar las superficies (para ahorrar cera), pero maximizar el espacio disponible (para maximizar la población). De hecho es un análisis detallado de la economía natural de las abejas. Darwin leyó y tomó nota cuidadosamente de este largo artículo, y siguió todos los pasos de los cálculos algebraicos y geométricos. (Las páginas del Apéndice de *Demostraciones*, que incluye cálculos, fueron dejadas, no obstante, sin cortar.

La anotación de Darwin en la página 95 del cuaderno E, sobre la formulación y solución del problema de la determinación de la geometría de los panales de miel por Brougham, y el enfoque de Liebig, que consideraré después, son indicativos del modo de ver los problemas biológicos cuantitativamente que se deriva de la economía política utilitarista. Creo que ésta es una expresión de las ciencias biológicas. El uso de la "estadística" en la biogeografía es otro, de tendencias similares dentro de la

[98] Henry, lord Brougham, *Dissertations on Subjects of Science Connected with Natural Theology*, 2 vols., Londres, C. Knight, 1839.

[99] Justus Liebig, *Organic Chemistry in Its Applications to Agriculture and Physiology*, Lyn Playfair (ed.), Londres, Taylor y Walton, 1840. El ejemplar de Darwin está en la biblioteca de la Universidad de Cambridge y está firmado: "Charles Darwin, 1841" en el interior de la portada del frente.

economía política. Ahí el enfoque cuantitativo encontró campo más fértil y su influencia fue más penetrante.[100]

Si se une el planteamiento malthusiano expresado en términos de la "[¿tendencia?] más fuerte posible a aumentar el número de seres vivos", con los primeros planteamientos de Darwin de que "el fin de la formación de especies y géneros es probablemente aumentar la cantidad de vida posible de acuerdo con ciertas leyes preexistentes. [Si sólo hubiera un tipo de plantas, no habría tantas]" (C, p. 146), y que "la *cantidad de vida* en el planeta en diferentes épocas depende de las relaciones entre el desierto, el mar abierto, etc. Esto probablemente a la larga lleva a cantidades iguales, en promedio, en relación con el calor y el frío. *El número de formas depende* de relaciones externas (una cantidad fija) y de subdivisiones de localidades y de la diversidad, quizá esto a largo plazo promedie cantidades iguales" (C, p. 147e), sólo falta un pequeño paso para la investigación al estilo benthamita del "gran libro sobre las especies": ¿cómo puede ser mantenido en cualquier área "el mayor número de seres orgánicos o más estrictamente la mayor cantidad de vida"? Y no es sorprendente que la respuesta sea: "Por la mayor magnitud de su diversificación".

Creo que las páginas 95-97 del cuaderno E, junto con las páginas 146-147 del cuaderno C, contienen el punto de vista clave sobre la divergencia ecológica: sin gran complejidad (diversidad) es imposible cubrir *toda* la superficie del mundo con vida. Aunque la Tierra es finita, la diversidad es infinita. Al ser más complejos, más y más organismos pueden adaptarse a más y más lugares en la economía de la naturaleza.

Sin embargo, las ideas clasificatorias de los diagramas del árbol de la vida en el cuaderno B, no están combinadas con las ideas registradas en los cuadernos C y E. De allí que no pueda decirse que el problema dinámico de la divergencia fue *explícitamente* resuelto en el periodo 1837-1839. Empero, todos los ingredientes para la solución estaban ahí, y por eso Darwin bien pudo haber pensado que el problema estaba resuelto.

LA DIVERGENCIA DURANTE LOS CUARENTA DEL SIGLO XIX

El "Esbozo de 1842" delinea claramente la posición de Darwin sobre el mecanismo de especiación en el periodo inmediatamente posterior a sus ideas principales. Sin embargo, también refleja la preocupación de Darwin por cuestiones zoológicas más que botánicas hasta 1840, una preferencia que fue gradualmente revertida después de alrededor de esa fecha.

El "Esbozo" empieza con una discusión sobre las variaciones: la frecuencia de

[100] Luego analizaré los intentos por cuantificar y matematizar la economía política. Aquí sólo remarco que Whewell estaba involucrado en tal proyecto mientras Darwin estaba en Cambridge. Véase W. Whewell, "Mathematical Exposition of Some Doctrines of Political Economy", *Trans. Camb. Soc., 3* (1830):191-230 y 4 (1833):155-198.

las variaciones aumenta cuando un organismo es puesto bajo nuevas condiciones durante varias generaciones. Aunque "los animales silvestres varían extremadamente poco, aun así son distinguibles como individuos" ("Esbozo", p. 43), y sus "variaciones [son] análogas en clase, pero menores en grado que en los animales domésticos" (p. 44). La crianza doméstica puede ser vista como un experimento de laboratorio en que los efectos que ocurren en la naturaleza son amplificados y magnificados: las variaciones acumulativas son mayores, la operación de la selección artificial sobre estas variaciones es más tangible y visible. Pero aunque la "variación en la naturaleza [es] mucho menor", la selección natural es "mucho más rigurosa y escrutinizadora" ("Esbozo", p. 48) y, más aún, actúa sobre todas las variaciones, incluyendo las diferencias de constitución invisibles. Darwin trata ampliamente la especiación en el "Esbozo" (pp. 66-72) y describe el proceso como dependiente esencialmente del aislamiento geográfico: "Cambios en las condiciones externas, y aislamiento por un aterrizaje azaroso en una isla o por un hundimiento que divida al continente, o una gran cadena montañosa, y si el número de individuos no es muy grande, favorecerán más la variación y la selección" ("Esbozo", p. 68). El hecho de la distribución geográfica de los organismos, entonces, "sigue de manera simple la teoría de la ocurrencia de las especies por[...] y estando adaptadas por la selección a[...] unido a su poder de dispersión y los cambios geográfico-geológicos estacionarios que están ocurriendo ahora y que indudablemente han ocurrido" ("Esbozo", p. 70). En otras palabras, la distribución geográfica actual de los organismos puede explicarse al considerar a las especies como creadas en centros únicos a partir de los cuales emigran. La historia geológica de la Tierra es invocada para explicar posibles rutas migratorias, así como barreras pasadas y presentes. Incidentalmente, el "Esbozo" contiene las explicaciones de Darwin sobre la distribución geográfica de las plantas alpinas, y esta presentación es un paradigma para su enfoque en cuestiones biogeográficas.[101]

En su discusión de "Afinidades y clasificaciones" en el "Esbozo", Darwin resume así su posición:

> El origen de los subgéneros, géneros, etc., no es difícil conociendo la sucesión genealógica, y concuerda con lo que sabemos de gradaciones de afinidad similares en organismos domesticados. En la misma región, los seres orgánicos están[...] relacionados unos con otros y las condiciones externas en muchos aspectos físicos están relacionadas[...] y de ahí que cuando una nueva especie ha sido seleccionada y ha obtenido un lugar en la economía

[101] La discusión de Darwin sobre plantas alpinas en el "Esbozo" está en las pp. 65-67. Para una conclusión interesante sobre biogeografía escrita poco después que el "Ensayo", véase la revisión de Darwin de la *Natural History of the Mammalia* de G. R. Waterhouse, *Ann. Mag. Nat. Hist. Including Zool., Bot., Geol., 19* (1847):53-56, que fue reimpreso en *The Collected Papers of Charles Darwin,* Paul Barret (ed.), pp. 214-217.

> de la naturaleza, podemos suponer que generalmente tenderá a extender su distribución durante cambios geográficos y, así, aislándose y exponiéndose a nuevas condiciones, se alterará ligeramente y su estructura se remodificará ligeramente por selección, y así obtenemos las especies de subgéneros y géneros, como las variedades de las ovejas merino, variedades de ganado británico e hindú. Las especies nuevas pueden seguir formando otras, y otras extinguirse (así como no todas las crías de aves de ornato y ganado se propagarán, sólo algunas de las mejores) y todas pueden extinguirse y entonces tendremos géneros extintos[...] Pero más frecuentemente las mismas ventajas que causaron que las nuevas especies se dispersaran y se modificaran en nuevas especies, favorecerán que algunas de las especies se preserven: y si dos de las especies, considerablemente diferentes, dan lugar cada una a un grupo de nuevas especies, obtendremos dos géneros y así sucesivamente, ("Esbozo", pp. 73-74).

Sorprende en el pasaje la firme confianza de Darwin en el modelo representado por la cría doméstica y la selección artificial. El mecanismo de especiación es dirigido por variaciones cuya frecuencia aumenta con los cambios del medio. La migración es un factor esencial. Expone a las poblaciones a nuevos ambientes, induciendo así variaciones y dando lugar a la competencia y a la extinción a través de la selección natural. Como en el caso de la crianza artificial, "sólo algunos de los mejores" sobreviven. "Pienso que esto significa que la selección natural tenderá a favorecer las variaciones que difieren más del tipo parental y entre sí. La competencia eliminará todas las formas intermedias"[102]

Nótese también que Darwin es muy explícito en que la adaptación es hacia un *lugar en la economía de la naturaleza.* La lucha por la existencia es, usando terminología moderna, por un nicho ecológico. Poco antes de 1841, al discutir sobre los sinzontes de las Galápagos, Darwin señalaba que "los hábitos de estas tres especies son similares y evidentemente se reemplazan unas a otras en la economía de la naturaleza de las diferentes islas".[103] De igual modo, en 1842, en su discusión sobre arrecifes de coral, había escrito que ningún lugar capaz de sostener vida está perdido. "Hay una lucha por cada lugar entre los diferentes órdenes de la naturaleza".[104] Aunque la adaptación es

[102] En el "Esbozo", p. 74, Darwin anotó después: "De acuerdo al puro azar, toda especie puede generar otra, pero si al cambiar la especie A obtiene una ventaja y esa ventaja (cualquiera que sea, intelecto, etc., o alguna constitución o estructura particulares) es heredada, A será el progenitor de varios géneros o hasta familias en la dura lucha de la naturaleza. Si A derrotó a otras formas, puede ser que A pueble la Tierra."

[103] Citado en Stauffer, "Darwin, Linnaeus, and Ecology" de Charles Darwin (ed.), *The Zoology of the Voyage of H. M. S. "Beagle", under the Command of Captain Fitz Roy, R. N., during the years 1832 to 1836*, Londres, Smith, Elder.

[104] Citado en Stauffer, "Darwin, Linnaeus, and Ecology" de C. Darwin (ed.), *The Structure and Distribution of Coral Reefs, Being the First Part of the Geology of the Voyage of the "Beagle",* Londres, Smith, Elder, 1842, p. 63.

en lugares en la economía de la naturaleza, el requerimiento de aislamiento geográfico para la formación de especies cambia toda postura ecológica inherente en el enfoque de Darwin en el "Esbozo". En el "Ensayo de 1844", el papel del nicho es clarificado en la comparación de la especiación en islas y en grandes masas de tierra:

> Como supuestamente el número de habitantes es pequeño, y como no todos pueden estar tan bien adaptados a las condiciones nuevas y variantes como lo estaban en su lugar y hábitat nativos, no podemos creer que todo lugar u oficio en la economía de la isla estará tan bien ocupado como en un continente, donde el *número de especies aborígenes es mucho más grande y donde consecuentemente tienen un lugar estrictamente limitado*.[105]

Este pasaje muestra claramente que en 1844 Darwin creía que la adaptación es hacia un *lugar* u *oficio* en la economía de la naturaleza. A partir de la adición de la palabra *oficio,* puede inferirse que Darwin intentaba hacer evidente que se refería al significado ecológico y no al geográfico de "lugar". El significado ecológico de "lugar" también es explícito en la discusión de Darwin sobre extinción en el *Viaje del Beagle,* que data de 1845. Ahí Darwin afirmó que con frecuencia no sabemos ni cuándo ni dónde aparecen los límites al crecimiento malthusiano de la población; "de aquí que probablemente es por esto que nos sentimos poco sorprendidos de que una de dos especies estrechamente relacionadas en hábitos sea rara y la otra abundante en nuestra región, y otra, ocupando el mismo lugar en la economía de la naturaleza, sea abundante en una región vecina, que difiere muy poco en sus condiciones".[106]

En el "Esbozo" Darwin plantea las dificultades: ¿cómo ocurre la especiación en grandes masas de tierra con poblaciones grandes? Este problema debe ser considerado porque el proceso de especiación en islas pequeñas se detiene una vez que la adaptación se produce y no ocurren cambios geológicos posteriores. Más aún, la especiación en grandes masas de tierra y en los océanos, donde existen poblaciones grandes y formas de vida diferentes, debe ser considerada para poder explicar la diversidad observada en el mundo.

He señalado que en el periodo de 1838 a 1844 Darwin intentó resolver los problemas en términos de una dinámica en la cual los individuos eran las unidades primarias. Esto se expresa más concretamente en el "Ensayo de 1844", donde delinea el razonamiento para sus conclusiones sobre selección natural:

[105] "Ensayo de 1844", p. 142, cursivas del autor del artículo. En la "Fair Copy Annotated by C. D.", que está en la biblioteca de la Universidad de Cambridge, esta nota ocupa las pp. 154-155. La última línea dice: "Donde consecuentemente sostienen un lugar más estrictamente limitado contra una lucha más severa", en tanto "contra una lucha más severa" fue tachado.

[106] Darwin, *Journal of Researches,* 3 vols., 2a. ed., 2 vols., Nueva York, Harpers, 1871, I, p. 225.

> Hay que tener en mente que este número promedio de individuos (si las condiciones externas son las mismas) se mantiene en cada lugar por las luchas recurrentes en contra de otras especies o en contra de la naturaleza externa (como en los límites de las regiones árticas, donde el frío limita la vida), y que ordinariamente cada individuo de cada especie mantiene su lugar por su propia lucha y capacidad de adquirir alimento en algún periodo (a partir de huevo) de su vida, o por la lucha de sus padres (en organismos de vida corta, donde la limitante principal se presenta en intervalos largos) con otros individuos de la *misma* o de *diferente* especie.[107]

El origen de nuevas especies tenía que ser explicado en términos de variaciones hereditarias que surgían entre los individuos de una población. Cualquier ventaja resultante de esas variaciones (como el acceso a fuentes nuevas de alimento, la evasión del depredador o una mejor adaptación al medio físico) implicaría el exterminio eventual, riguroso y total de la población parental por la descendiente. Incidentalmente, esta última suposición podía ser comprobada por la biogeografía: ¿hay casos de especies estrechamente relacionadas que vivan en la misma localidad? Al escribir a Hooker en 1844, Darwin decía:

> Estoy particularmente interesado en sus comentarios sobre floras insulares. Que un género tenga varias especies genuinas en la pequeña isla es nuevo y muy notable para mí, y como usted verá un dato hostil para la teoría de la descendencia: si usted pudiera en algún momento explicarme más ampliamente si tales géneros son específicos de las islas, le estaría particularmente agradecido.[108]

Pero había dificultades en el enfoque individualista que no podían ser eliminadas fácilmente. Estaban relacionadas con el mecanismo de herencia por mezcla con el que Darwin estaba comprometido. Darwin podía argumentar que la dilución y la mezcla podían ser superadas en las islas porque la población inicial en la que aparecían las variaciones favorables era muy pequeña. El aislamiento de una población pequeña podía evitar la mezcla, y preservar las variaciones y producir variedades. Pero en una población grande, la mezcla diluiría rápidamente las variaciones favorables La ignorancia de la dinámica de la herencia[109] forzó a Darwin, cuando trataba con

[107] "Ensayo de 1844", pp. 118-119.

[108] Correpondencia Darwin-Hooker, biblioteca de la Universidad de Cambridge, Apartado 150.

[109] Véase Kottler, "Darwin's Biological Species Concept and Theory of Geographic Speciation". Recuérdese que Darwin había sugerido un mecanismo individualista de herencia varias veces antes de 1842 (por ejemplo, sus teorías de la sangre en los primeros cuadernos) y que su teoría de las gémulas fue formulada en el periodo 1840-1842. Mayr ha notado que Darwin usaba frecuentemente el término "variedad" en dos sentidos diferentes: individuos desviados y poblaciones desviadas. Sería interesante ver si es posible correlacionar el uso de estos sentidos con su creencia en ciertos mecanismos de herencia. Es

variaciones en poblaciones grandes, a adoptar una descripción más fenomenológica y gruesa con las variedades y las especies como unidades. Eventualmente, su teoría sobre la especiación tendría que apoyarse en la hipótesis de que las especies que presentan el máximo número de variedades son las que más probablemente producirán nuevas especies, y que sólo las especies con poblaciones grandes y en aumento, esto es, las que claramente no están camino de la extinción, deben ser consideradas. Además, las especies abundantes que tienen distribución amplia son las que más probablemente se encuentran en regiones geográficas diferentes, de modo que ambientalmente son inducidas variaciones nuevas. La hipótesis se vuelve, entonces, autocompatible para especies abundantes y de distribución amplia. (Adicionalmente, el aislamiento podía ser retomado para explicar cómo se transforman en especies las variedades de especies con distribución amplia.)

Creo que fue el intento de Darwin de justificar estas suposiciones (y la aceptación concomitante de la necesidad de trabajar al nivel de especie-variedad, más que al nivel de individuo) lo que impulsó sus extensas investigaciones biogeográficas entre los años de 1840 y 1850. Reconoció que la fitogeografía, con sus muchos hechos cuantitativos, era precisamente el modelo adecuado para poner a prueba su hipótesis, que esperaba la confirmaría. Más aún, en 1843, Hooker, ese gran conocedor de la botánica, acababa de regresar de su expedición a la Antártida y por eso estaba disponible para contestar preguntas botánicas, y más particularmente fitogeográficas.

Los primeros intercambios entre Darwin y Hooker muestran el interés de Darwin en cuestiones relacionadas con la frecuencia y la distribución de las especies y el número de especies presentes en los géneros botánicos. "Usted me pregunta si supongo que las pequeñas proporciones de especies a géneros en las islas coralinas surgen del azar de las semillas. No puedo contestar esto", escribió Hooker a Darwin el 29 de enero de 1844. Aun así, Hooker aventuró una respuesta: "Debería decir que tal vez no: si los géneros o grupos pequeños son verdaderamente naturales, se supone que tienen muchos caracteres en común, por ello es correcto suponer que el carácter *semillas transportables* debería ser común en algunos grupos más que en otras, la inferencia de lo cual no requiere de ser planteada aquí".[110] Esta explicación de las diferencias en número de especies en los géneros de las islas en comparación con este mismo número en masas vecinas de tierra continental, y de la variación de esta proporción en continentes en función de la latitud, eran problemas biogeográficos añejos en

decir, si cuando creía poseer una explicación de la herencia basada en un mecanismo individualista tal como las gémulas, la variedad se refería a individuos desviados, y si cuando tenía menos fe en un mecanismo individualista, la variedad se refería a poblaciones desviadas.

[110] Correspondencia Darwin-Hooker en la biblioteca de la Universidad de Cambridge. Apartado 150. Véase también Browne, "Charles Darwin-Joseph Hooker Correspondence".

1844. En 1807, von Humboldt había señalado ya que el número de especies por género para muchas plantas de Laponia era menor por un factor de más de dos en comparación con el número en Francia.[111] De hecho, lo que llevó a Von Buch a proponer el aislamiento como mecanismo para la especiación fue la necesidad de explicar la disparidad entre el número de especies de plantas por género en las Canarias y Santa Elena en comparación con el número en Noráfrica continental.[112]

Después de leer la carta de Hooker, en enero de 1844, Darwin escribió para sí mismo una pequeña nota: "Pienso que la explicación de la escasez de especies y diversidad de géneros, debe ser en parte porque los grupos de plantas pueden subsistir en números mayores, e interfieren menos en- tre sí. Esto debe ser la explicación para las regiones árticas. ¿Cómo son las plantas alpinas? ¿Varios géneros?"[113] Esta nota es particularmente interesante porque indica que, ya en 1844, Darwin basaba la explicación de las observaciones fitogeográficas antes mencionadas en el principio de que en cualquier localidad *sería* mantenida la mayor cantidad de vida vegetal cuando hay divergencia de los caracteres, porque entonces los "grupos de plantas interferirán menos entre sí". Como Darwin había de decir en *El origen*…:

> las formas más estrechamente relacionadas –variedades de la misma especie, y especies del mismo género o de géneros relacionados– por tener la misma estructura, constitución y hábitos, generalmente entran en competencia más severa entre sí. En consecuencia, cada nueva variedad o especie, durante el proceso de su formación, por lo general presionará con más fuerza a los más cercanos de su misma clase, y tenderá a exterminarlos.[114]

Las preguntas iniciales de Darwin a Hooker principalmente estaban relacionadas con las propiedades biogeográficas de las especies, en particular con la distribución como una característica heredable. Evidentemente fue Hooker quien a principios de 1844 llevó a Darwin a considerar cuestiones similares sobre taxones superiores: "Ahora veo que usted ha extendido mis comentarios sobre la distribución de *especies* de conchas a la distribución de *géneros* o grupos".[115] El 11 de marzo de 1844, Darwin le preguntó a Hooker sobre la relación entre las distribuciones de géneros cosmopolitas y la distribución de sus especies. En su respuesta, Hooker

[111] A. von Humboldt, *De Distributione Geographica Plantarum*.
[112] Von Buch, *Description physique des isles Canaries,* en la página 147. Von Buch cita las siguientes proporciones de especies a géneros: Noráfrica continental, 1:4.2; Canarias, 1:1.46; Santa Elena, 1:1.5. También compara el número de órdenes en los continentes con el de las islas.
[113] Correspondencia Darwin-Hooker, biblioteca de la Universidad de Cambridge, Apartado 150.
[114] Darwin, *Origin*... p. 112.
[115] Correspondencia Darwin-Hooker, biblioteca de la Universidad de Cambridge, Apartado 150: carta sin fecha, principios de 1844.

se preguntó si hay correlación entre la distribución de géneros y la distribución de sus especies, como una función del tamaño del género.[116]

Todo esto indica que hacia mediados de los cuarenta, Darwin estaba involucrado en cuestiones biogeográficas relacionadas con la justificación de la proposición, que es articulada por completo en los cincuenta, de que "son las especies dominantes –las distribuidas ampliamente en el mundo, las más difundidas en su propia localidad, y las más numerosas en individuos– las que con mayor frecuencia producen variedades bien marcadas, o como yo las considero, especies incipientes".[117] La dicotomía en el enfoque de Darwin debe hacerse notar. Los problemas relacionados con las variaciones y la herencia son contestados tomando a las variedades y a las especies como unidades de descripción; los relacionados con la competencia, la adaptación y la extinción –esto es, aquéllos donde la selección natural interviene– son resueltos tomando a los individuos como unidades de descripción. Esta diferencia en las "unidades" usadas es importante. Explica el hecho de que a veces los niveles de descripción eran intercambiados y necesariamente se provocaba algo de confusión. También explica por qué el principio de maximización de la cantidad de vida por unidad de área resultaba tan atractivo para Darwin: no varía en los diferentes niveles de descripción.

Por supuesto, había muchos otros problemas por abordar en mediados de los cuarenta a mediados de los cincuenta, antes de que surgiera la formulación del principio de divergencia como aparece en *Selección natural* y en *El origen:* los taxones superiores y sus relaciones biogeográficas, la biogeografía del registro fósil, y en particular la correlación entre la distribución en el tiempo de los taxones fósiles y su distribución en el espacio, pero la forma en que el principio habría de ser formulado es ya aparente en 1844.

Las investigaciones bioestadísticas de Darwin de 1837 en adelante, en particular las posteriores a 1844, merecen un estudio cuidadoso porque son centrales en la formulación del principio de divergencia.[118] Asimismo, los cambios de opinión de Darwin después de 1844 sobre los mecanismos de

[116] Algunas de estas cartas están reimpresas en LLD, pp. 382-389, y *More Letters,* I, pp. 402-422.

[117] Darwin, *Origin*…, pp. 53-54; véase también pp. 326 y ss.

[118] Janet Browne ha investigado los materiales bioestadísticos en los Apartados 15 y 16 de los artículos de Darwin en la biblioteca de la Universidad de Cambridge. También hay materiales sobre "Géneros grandes y comunes que presentan muchas variedades", tablas misceláneas de especies, etc., todos importantes para entender la posición de Darwin sobre variación y biogeografía a mediados de los cincuenta, y su formulación final del principio de divergencia. Véase Browne, "Darwin's Botanical Arithmetic and the Principle of Divergence, 1854-1858", *J. Hist. Biol., 13* (1980):53-89. Agradezco a la doctora. Browne por permitirme leer este artículo antes de su publicación. En relación con esto, véase también Fred Somkin, "The Contributions of Sir John Lubbock, F. R. S., to the *Origin of Species:* Some Annotations to Darwin", *Notes Rec. Roy. Soc., 17* (1962):183-191.

especiación merecen una investigación detallada.[119] Sin duda, esos estudios aclararán más el proceso y afinarán la cronología de la formulación del principio darwiniano de divergencia de los caracteres tal como aparece en *Selección natural.* En la siguiente sección, analizo el trabajo de Darwin sobre cirripedios en un esfuerzo por mostrar que los percebes lo enfrentaron con el problema de cómo formular una explicación universal para el aumento de la diversidad en el tiempo de todas las formas orgánicas.

LA RELACIÓN ENTRE LOS CIRRIPEDIOS Y LA DIVERGENCIA

Si le tomamos la palabra a Darwin –y no he encontrado evidencias en contra– sus últimos avances sobre el principio de divergencia ocurrieron mientras estaba inmerso en su trabajo sobre los percebes. Es por ello interesante entender por qué Darwin realizó esa larga y ardua tarea. Un bosquejo de la historia de esta investigación verificará también la íntima relación de Darwin con el trabajo de Milne-Edwards y su familiaridad con el principio de división fisiológica del trabajo de Milne-Edwards antes de 1852.

Han sido planteados muchos puntos de vista para explicar el trabajo de Darwin sobre los cirripedios.[120] La argumentación más convincente fue hecha por Ghiselin,[121] pero para apreciar los planteamientos de este autor se debe hacer énfasis, como él lo hizo, en que el periodo de 1837 a 1844 fue el más creativo en la vida de Darwin. En lo esencial, *todas* sus grandes ideas y proyectos biológicos fueron generados entonces: selección natural, detalles del proceso de especiación (como el papel del aislamiento geográfico), pangénesis, el lugar del hombre en la naturaleza, la naturaleza y evolución del instinto y de la mente, la naturaleza de las variaciones, el papel del sexo en el origen de las variaciones, etcétera.

Este periodo creativo culminó cuando escribió el "Ensayo de 1844", que es el primer planteamiento autosuficiente y no del todo secreto de su teoría del mecanismo de la evolución. Con el fin de hacer la teoría más aceptable, Darwin trató de verificar empíricamente sus suposiciones concernientes a la variación, extinción, etc., y de

[119] *Grosso modo,* los cambios han sido bosquejados en *La sélection naturelle* de Limoges y en *Evolution and the Diversity of Life* de Mayr, pero sería interesante saber el modo específico en que la investigación botánica de Darwin durante los cuarenta afectó su posición sobre especiación.

[120] Véase, por ejemplo, los comentarios de Thomas, H. Huxley en las páginas 342-448 de su *Life and Letters* y la p. 315 de LLD para los pensamientos de Hooker.

[121] Ghiselin, *The Triumph of the Darwinian Method*, pp. 103-105, 111, 117, 128-129. También De Beer, *Evolution by Natural Selection*, pp. 135-156; Sydney Smith, "The Darwin Collection at Cambridge with one Example of its Use: Charles Darwin and Cirripedes", *Actes du XIe Congres International d'Histoire des Sciences, 15* (1964):96-100; Thaddeus J. Trenn, "Charles Darwin, Fossil cirripedes and Robert Fitch, Presenting, Sixteen Hitherto Unpublished Darwin's Letters of 1849 to 1851", *Proc. Amer. Phil. Soc., 118* (1974):471-491; A. E. Gunther, "J. E. Gray, Charles Darwin and Cirripedes", *Notes Rec. Roy. Soc., 34* (1979):53-63.

mostrar que algunas de sus conclusiones eran correctas en casos específicos. Para esto necesitaba un tipo de flora o fauna abundante y ampliamente distribuido, con suficiente registro fósil que pudiera usar para probar aspectos explicativos claves de su teoría de la descendencia: el proceso de adaptación, distribución geográfica, taxonomía basada en filogenia, entre otros puntos.

Los cirripedios ofrecían todas estas ventajas y algunos retos adicionales, como elaborar una clasificación correcta de ellos.[122] Eran particularmente apropiados para estudiar el problema de la congruencia entre las clasificaciones basadas en las larvas y las basadas en los adultos, y para aclarar el significado de los caracteres homólogos en contraposición a los caracteres análogos.[123] Los percebes también eran muy adecuados para estudiar el problema de la diversidad orgánica y el problema que había preocupado a Darwin en las páginas 95-98 del cuaderno E: la relación entre el aumento de la complejidad y el progreso (y/o regresión). Algunos percebes se desarrollaban a partir de larvas de crustáceos bastante normales para dar adultos sésiles, perdiendo en el proceso muchas de sus funciones y órganos asociados a una vida móvil, de nado libre. Esta aparente "regresión" era, sin embargo, un caso claro de adaptación exitosa e indicativa del poder explicativo de la selección natural. Los percebes también ofrecían la posibilidad de obtener algún discernimiento sobre la evolución del sexo y del hermafroditismo[124] y de este modo probablemente también una comprensión de la evolución de los reinos animal y vegetal.

Quizá había otras razones más personales para emprender el trabajo de los cirrípedos. Hacia 1846, Darwin era ya un destacado geólogo y naturalista. La recepción de su teoría del "origen de las especies por medio de la selección natural" sería determinada en parte por su posición en la comunidad zoológica. Los libros sobre los

[122] Para la posición de los percebes en la taxonomía del siglo XIX, véase a Mary P. Winsor, "Barnacle Larvae in the Nineteenth Century: A Case Study in Taxonomic Theory", *J. Hist. Med. Allied Sci., 29* (1969): 294-309, y Winsor, *Starfish, Jellyfish, and the Order of Life.*

[123] R. Owen, *Lectures on the Comparative Anatomy and Physiology of the Invertebrate Animals,* Londres, 1843. Véase también el informe de Owen a la reunión de 1846 de la BAAS y su versión aumentada en *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton*, Londres, 1848; Merz, *History of European Thought,* II, pp. 258-259, y Roy M. Macleod, "Evolutionism and Richard Owen, 1830-1868: An Episode in Darwin's Century", *Isis, 56* (1965):259-280.

[124] La relación de los cirrípedos con el problema de la evolución del sexo data al menos de 1838: "El sistema sexual de los cirrípedos es el más notable por su relación con los *Articulata*, que son verdaderos bisexuales" (E, p. 60). Véase también E, pp. 71, 80, y especialmente 155: "Mi teoría sólo requiere que los seres orgánicos propagados por gemación no sufran metamorfosis, pero sí que para alcanzar su estructura actual se hayan propagado por comercio sexual[...]. La relación de la inferencia a partir de algunas plantas y algunos moluscos que son hermafroditas es que cada vez que hay entrecruza no tiene consecuencia en ese grado de desarrollo. Es interesante que no haya verdaderos hermafroditas en seres con esperma fluido". Darwin creía que las especies hermafroditas se volvían eventualmente bisexuales.

cirrípedios claramente colocaron a Darwin entre los anatomistas y zoólogos más prominentes de la época, y lo pusieron a la par de figuras tan notables como Owen y Milne-Edwards.

Finalmente, la naturaleza competitiva de Darwin no puede ser excluida como uno de los factores que lo llevaron a emprender el trabajo sobre los cirripedios. La obra *Los Cirripedia* es a la vez un ataque y un reconocimiento a Cuvier como anatomista comparativo.[125] En 1809, Lamarck había colocado a los cirripedios en una clase propia, y veía a esta clase como una transición de los *Annelida* a los *Mollusca*.[126] Cuvier negó inmediatamente la posibilidad de que existiera cualquier forma intermedia entre las "ramificaciones" de los articulados y los moluscos y colocó a los cirripedios en esta última categoría.[127] Hay cierto tono de orgullo cuando Darwin comenta en *El origen*… que "ni el ilustre Cuvier percibió que un percebe era, como ciertamente es, un crustáceo. Sólo una mirada a la larva demuestra de forma inequívoca que éste es el caso".[128] Darwin advertía claramente que el reto mayor a sus conocimientos evolutivos provenía del trabajo de Cuvier y que una oposición fuerte provendría de la escuela de anatomistas comparados que Cuvier había formado: Owen en Ingla-

[125] Lo que W. S. MacLeay había dicho de Cuvier en su *Horae Eatomological; or, Essays on the Annulose Animals,* Londres, A. Bagster, 1819-1821): "En cuanto a habilidad en la disección anatómica, agudeza de observación y relación de los medios con sus respectivos fines, probablemente ningún hombre viviente pueda ser comparado con el Sr. Cuvier [...] ha sido justa y frecuentemente enfatizado que ninguna persona con estos talentos e ingenio trascendentales hizo nunca tan poco uso de sus observaciones para una clasificación natural el Sr. Cuvier", (p. 326), pudo haber resonado en Darwin. Éste había estudiado cuidadosamente a MacLeay en el periodo 1837-1839, y por una carta a Henslow en 1832 es evidente que conocía el trabajo de MacLeay cuando estaba a bordo del *Beagle*. Véase *Darwin and Henslow*, p. 62, particularmente la nota 2 de Barlow. Para la importancia del trabajo de MacLeay en la investigación de Darwin sobre los cirrípedos, véase Smith, "Darwin and Cirripedes"; los percebes tenían una posición central en el sistema de clasificación de MacLeay. Qué tan influyente era MacLeay es indicado por James Dwight Dana, *Crustacea: Exploring Expedition under the Command of Charles Wilkes, USN, 2 vols.,* (Filadelfia, 1852-1853). Darwin leyó este libro el 20 de septiembre de 1853 y debió encontrar el comentario de Dana en la página 54: "No hay ni líneas rectas ni círculos en la naturaleza, sólo líneas principales que se ramifican con ramas subordinadas, y reticulaciones y anastomosis casi infinitas, con curvas de todo tipo y de todos grados de divergencia y convergencia". Dana se refería a la complejidad numérica del sistema de clasificación de MacLeay, Swainson y otros, e indicaba que "era un esquema brillante cuando fue propuesto inicialmente, pero una vez que pasó el brillo inicial, podemos percibir que aunque intentaba liberar a la ciencia de las barras rígidas y estrechas de los sistemas artificiales, sólo modificaba el modo de coerción doblando las barras en círculos". Véase también a Winsor, *Starfish, Jellyfish, and the Order of Life*, y P. L. Heilbroner, "Circular Logic: The Context, Structure, and Influence of William Sharp MacLeay's Quinarism", tesis, Departamento de Historia de la Ciencia, Universidad de Harvard, 1976.

[126] J. B. Lamarck, *Philosophie zoologique ou exposition des considerations relatives à l'histoire naturelle des animaux,* París, 1809.

[127] G. Cuvier, *Le regne animal d'après son organisation,* 4 vols., París, 1817.

[128] Darwin, *Origin*…, p. 440.

terra; Agassiz en Estados Unidos; Flourens, Milne-Edwards y sus colaboradores en Francia.

Por lo tanto, para Darwin era importante demostrar la *inestabilidad* del esquema de clasificación de Cuvier, basado en el principio de correlación de las partes. Las variaciones eran centrales tanto en el esquema de Cuvier como en el de Darwin. Cuvier, por supuesto, no negaba la existencia de las variaciones, pero insistía en que se presentaban sólo dentro de límites bien definidos (con lo cual se garantizaba la realidad y estabilidad de las especies). Estos límites eran muy estrechos para los órganos centrales, pero muy amplios para los caracteres externos o periféricos:

> Por ello, encontramos variedades más numerosas a medida que nos alejamos de los órganos principales y nos aproximamos a los de menor importancia; y cuando llegamos a la superficie del cuerpo, donde la naturaleza coloca las partes menos esenciales, cuya lesión sería menos peligrosa, el número de variedades se vuelve tan considerable que todas las palabras de los naturalistas no han sido todavía capaces de formar ninguna idea clara al respecto.[129]

Sin embargo, para Darwin era esencial mostrar que las variaciones hereditarias existían no sólo para las partes externas visibles, sino también para los órganos internos, que tales variaciones existen en cualquier etapa de la vida del organismo, y que son aditivas, para que transcurrido suficiente tiempo los cambios filogenéticos observados pudieran ser explicados como resultado de la selección natural operando sobre esas variaciones.

Al tratar de explicar cómo opera la selección natural, Darwin introdujo en el "Ensayo de 1844" a "un ser con penetración suficiente para percibir diferencias en la organización externa e interna que son del todo imperceptibles para el hombre".[130] Pero Darwin tenía que mostrar que esta suposición sobre la variabilidad en la naturaleza (distinta de la variación en estado doméstico) era correcta. Una de las funciones que cumplió el extenso proyecto de los percebes fue probar que de hecho las variaciones pequeñas existen "en cualquier parte de una planta o un animal" y "aparecen durante todos los periodos de la vida".[131] Tal prueba también refutaba simultáneamente el esquema teórico de Cuvier: las partes no estaban perfectamente correlacionadas, los órganos principales no eran invariables o absolutamente estables. Podía probarse que existían suficientes variaciones no sólo para producir especiación, sino suficiente tiempo también para conectar las "ramificaciones".

En una carta reveladora dirigida a Hooker en 1849, Darwin escribió que estaba sorprendido "con la variabilidad

[129] Citado en W. Coleman, *Georges Cuvier, Zoologist: A Study in the History of Evolution Theory,* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1964, p. 143.

[130] "Essay of 1844", p. 114.

[131] *Ibid.,* p. 247.

ligera de cualquier parte de cualquier especie. Cuando el mismo órgano es comparado *rigurosamente* en muchos individuos, siempre encuentro un poco de variabilidad".[132] Darwin es aún más explícito en su obra sobre los cirripedios:

> No sólo los caracteres externos varían mucho en la mayoría de las especies, sino que las partes internas varían muy frecuentemente en un grado sorprendente; y para hacer las cosas más difíciles, grupos de especímenes varían frecuentemente del mismo modo[...] debo expresar mi convicción deliberada de que es imposible encontrar una especie que tenga distribución amplia y *de la cual* se *posean numerosos especímenes de distritos diferentes para examinar cualquier parte u órgano* [...] que sea absolutamente invariable en forma o estructura.[133]

En el prefacio a su libro sobre los *Lepadidae*, Darwin sucintamente establece lo que esto implicaba para la sistemática, uno de los retos que lo atrajo originalmente hacia los cirripedios:

> Los *Lepadidae* o cirripedios pedunculados han sido descuidados desde el punto de vista sistemático, hasta un grado que no puedo entender. Sin duda, están sujetos a variación considerable, y mientras la superficie interna de las valvas y los órganos del cuerpo del animal no se tomen en cuenta como importantes, habrá algo de dificultad en la identificación de las diferentes formas y aun más en establecer los límites de la variabilidad de la especie. Pero sospecho que los cirripedios pedunculados han sido descuidados debido a su estrecha afinidad con los cirripedios sésiles, de ahí la necesidad de incluir a ambos en el mismo trabajo, ya que estos últimos siempre presentarán, estoy del todo convencido, dificultades insuperables en su identificación sólo por caracteres externos.[134]

Darwin comenzó su trabajo sobre los cirripedios en octubre de 1846. En su *Autobiografía* dice que se interesó en ellos porque en el *Beagle* había descubierto "la forma más curiosa, que se enterraba en las conchas de concholepas y que difería tanto de los otros cirripedios que tuve que formar un nuevo suborden sólo para ella". Un intento por entender un género excavador relacionado que había sido encontrado en Portugal hizo que Darwin examinara y disectara muchas de las formas comunes, lo que a su vez lo llevó, según la *Autobiografía*, "a estudiar todo el grupo".[135] Proveyéndose de todas las colecciones de percebes existentes en la época, inició su largo estudio de la distribución geográfica, anatomía comparada y taxonomía de los cirripedios.[136] Pidió especímenes a naturalistas de

[132] LLD, I, p. 397.

[133] Charles Darwin, *A Monograph on the Sub-Class Cirripedia: The Balanidae*, Londres, Ray Society, 1854, p. 155.

[134] Darwin, *Cirripedia: The Lepatidae*, p. XI.

[135] *Autobiography*, LLD, p. 66.

[136] Véase el prefacio de Darwin en *Cirripedia: The Lepadidae*, donde agradece a quienes le envia-

todo el mundo, a Peach, Gary y Henslow en Inglaterra; W. Thomson en Irlanda; L. Müller en Alemania; Milne-Edwards en Francia; Syms Covington[137] en Australia, y Augustus Addison Gould[138] y J. D. Dana en Estados Unidos. En una carta a Gould, en septiembre de 1848, Darwin escribió:

> Me he dedicado durante cerca de dos años a una monografía anatómica y sistemática de los cirrípedos. Es mi intención describir el animal de cada especie, lo que puedo hacer hasta con especímenes secos si los remojo. Sin excepción, todas las descripciones que hasta ahora he visto son muy imperfectas para la identificación de las especies: formas externas, propiedades y estado de la superficie casi carecen de valor como caracteres.[139]

Las especies de Estados Unidos serían de interés particular para mí al compararlas con las europeas con respecto a la distribución geográfica. Sé que Usted ha descrito algunas especies y quisiera evitar darles un segundo nombre, lo cual no puede hacerse sin ver a los especímenes semejantes y desarticular uno o dos de cada tipo.

La frase "el animal de cada especie" (del primer párrafo) no debe pasar desapercibida. La carta fue escrita 10 años después de que Darwin formuló la teoría de la selección natural, y debe ser contrastada con una anotación del cuaderno E en 1838: "El nombrar simplemente especímenes únicos [es] peor que inútil; puedo decir todo esto habiendo cometido ya estos pecados" (E, p. 52). Igualmente, en una carta a Milne-Edwards en 1848, Darwin escribió que deseaba obtener "un solo espécimen de algunas de las especies [del género *Alepa*] descritas en el viaje del *Astrolabio*".[140] Por supuesto, Gould y Milne-Edwards hu-

ron especímenes. Algunas de las cartas pidiendo especímenes de percebes están en la American Philosophical Society. Véase, por ejemplo, cartas 71 y 72 a Gray y la 76 a Milne-Edwards, citadas en P. T. Carroll (ed.), *An Annotated Calendar of the Letters of Charles Darwin in the Library of the American Philosophical Society*, Wilmington, Del., Scholarly Resources, 1976.

137 Covington se volvió el asistente de Darwin en el viaje del *Beagle*, y su secretario y amanuense después de su regreso a Inglaterra. Covington se estableció luego en New South Wales, Australia, y envió a Darwin una de las mejores colecciones de percebes. "He recibido un vasto número de colecciones de lugares diferentes, pero nunca una tan rica de una sola localidad", escribió Darwin a Covington. Véase Gavin de Beer (ed.), "Some Unpublished Letters of Charles Darwin", *Notes Rec. Roy. Soc. London, 13* (1958):19.

138 Darwin estaba familiarizado con el libro de Gould sobre los *Cicindelidae of Massachusetts*, Boston, 1833, y su impresionante trabajo conquiológico "Results of an Examination of the Species of Shells of Mass and Their Geographical Distribution", *Boston J. Nat. Hist., 3* (1840):483-494. Darwin había estudiado los volúmenes I a IV ("completos") del *Boston Journal* el 30 de mayo de 1847, y antes (e1 31 de mayo de 1845) había leído del vol. IV, de la "p. 377 hasta el final". Véase P., J. Vorzimmer, "The Darwin Reading Notebooks", *J. Hist. Biol., 10* (1977):107-153.

139 Esta carta no publicada se halla en la Biblioteca Houghton de la Universidad de Harvard, y se cita aquí con permiso de W. H. Bond, el bibliotecario.

140 Esta carta, fechada el 1º de septiembre de 1848, es la número 76 en el *Annotated Calendar of the Letters of Charles Darwin.*

bieran encontrado la petición de Darwin de un solo espécimen perfectamente normal: un taxónomo podía clasificar una especie a partir de un solo espécimen (esto es un ejemplo de lo que Mayr llama pensamiento tipológico). Sin embargo, Darwin estaba firmemente convencido de que debían ser examinados varios organismos; y logró esto pidiendo especímenes de la misma especie de fuentes diferentes.

Las cartas a Gould y Milne-Edwards muestran cuán cuidadoso era Darwin en su relación con la comunidad de zoólogos profesionales: Gould era un asociado y amigo de Louis Agassiz, y Milne-Edwards y Agassiz eran los defensores principales de la posición de Cuvier sobre la estabilidad de las especies. En una carta a Agassiz, agradeciendo a éste y a Gould su ayuda, Darwin escribió el 22 de octubre de 1848: "Me siento particularmente satisfecho de haber recibido los especímenes que Usted me envió, más aún porque cuando dudaba sobre si hacer una monografía de la clase o limitarme a su anatomía, su afirmación de que 'una monografía sobre los cirripedios es una necesidad impostergable en la zoología', me ayudó mucho a decidirme". En la misma carta, en respuesta a una petición de Agassiz de "escuchar" los resultados que había obtenido hasta el momento, Darwin dice que le daría "gran placer comunicárselos", "tanto como los límites de una carta lo permitan". Pero Darwin agrega: "Le agradecería que no comente mis resultados actuales, en parte porque me gustaría tener la satisfacción de publicar yo mismo los pocos aspectos nuevos que he investigado y en parte porque uno puede cambiar libremente de opinión cuando está confinado a su propia conciencia".[141]

Darwin proporciona en esta carta a Agassiz la información completa de su trabajo sobre los cirripedios hasta ese momento. El resumen comienza con sus razones para colocar a los cirripedios como una subclase de los crustáceos: "Los cirripedios son crustáceos verdaderos sin afinidades con otras clases; curiosamente, el Sr. St. Ange confundió un epitelio grueso con un tipo de estómago interno, por lo que la afinidad con los anélidos desaparece", y continúa en el mismo tenor por tres páginas. Lo que Darwin no divulgó fue la relación de su trabajo con su teoría evolutiva. Esto quedó "confinado a su propia conciencia".

La misma negativa a plantear el trabajo en su contexto más amplio aparece en las monografías sobre los cirripedios. De hecho, Darwin intentó que su presentación pareciera tan "objetiva" y "neutral" como fuera posible, para así evitar cualquier controversia.[142] No hay rastro de su posición evolucionista. Darwin no quería ofender.

141 Esta carta está en la biblioteca Houghton de la Universidad de Harvard, y se cita aquí con permiso.

142 Debe notarse el contraste entre la moderada presentación de Darwin (hecha para una audiencia "profesional") y las presentaciones de Huxley y de Owen de sus posiciones a audiencias de legos. En su famosa conferencia, "On the Method of Studying Zoology", impartida a los cursos de ciencias del Museo de South Kensighton a principios de los cincuenta, T. H. Huxley dijo: "La unidad de plan yace en todas partes escondida bajo la máscara de la diversidad de estructura, lo complejo en todas partes evoluciona a partir de

No obstante, Ghiselin ha dado una explicación completa y convincente de la relación entre la investigación sobre los cirripedios y la interpretación evolutiva de Darwin de la "cadena de la naturaleza", de la relación entre la adaptación y la función, y de la relación entre la adaptación y la selección natural.[143] Ghiselin y Jaffee han demostrado que la taxonomía de los cirripedios elaborada por Darwin en sus dos monografías de hecho reflejaba su reestructuración filogenética de esa ciencia.[144]

Lo importante aquí es que la investigación de Darwin sobre los cirripedios prueba su completa familiaridad con el trabajo de Milne-Edwards antes de 1852. Desde la época de los cuadernos de notas,[145] Darwin siguió con cuidado los escritos e investigaciones de Milne-Edwards. Había estudiado el influyente artículo sobre la clasificación natural publicado por Milne-Edwards en 1844[146] y varios volúmenes de su trabajo clásico sobre los crustáceos a medida que iban apareciendo.[147] Milne-Edwards había enviado a Darwin un espécimen de percebe, se habían conocido en 1847 en la reunión de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia (BAAS),[148] y se habían encontrado otra vez en 1849 en la reunión de la BAAS en Birmingham. En esa reunión discutieron sus contrastantes posiciones sobre el aparato cementante de los cirripedios.[149] Darwin hace numerosas referencias

lo simple". En 1851, al contestar preguntas ante la Comisión de la Escuela Pública Inglesa, que pedía asesoría sobre cambios curriculares, Richard Owen dijo que "los principios fundamentales de la clasificación en historia natural son tan ciertos [como en la matemática]. No hay ni fluctuación ni especulación [en la historia natural]. Actualmente, los principios de la historia natural están tan establecidos y fijos como puede ser necesario para su uso como una ciencia disciplinaria". Ambas presentaciones están impresas en E. L. Youmans, (ed.), *The Culture Demanded by Modern Life: A Series of Addresses and Arguments on the Claims of Scientific Education*, Nueva York, Appleton, 1837.

143 Ghiselin, *The Triumph of the Darwinian Method*, pp. 103-130.

144 M. T. Ghiselin y Linda Jaffee, "Phylogenetic Classification in Darwin's Monograph on the Sub-Class Cirripedia", *Syst. Zool.*, *22* (1973):132-140.

145 En su *Concordance* sobre los cuadernos de notas, Barret enlista anotaciones sobre Milne-Edwards. Para una anotación más temprana, véase B, p. 112; para una después de que Darwin leyó a Malthus, E, p. 25.

146 H. Milne-Edwards, "Considerations sur quelques principles relatifs a la classification naturelle des animaux", *Ann. Sci. Nat., 3erd. ser.* (1844) 1:66-69. Véase también Milne-Edwards, "Rapport sur une serie de memoires de M. A. de Quatrefages relatifs al organisation des animaux sans vertebres", *Ann. Sci. Nat., 3erd. ser.* (1844) 1:5-9.

147 En Vorzimmer, "The Darwin Reading Notebooks", se indican las siguientes lecturas: "Jan 30, 1847-M. Edwards Geog. Distributions of Crustaceae, 3d Tom of Suite [?] de Buffon; Nov. 26, 1852-M. Edwards Introduct, Zoolog. Gener. 1851". Ambas monografías sobre los cirripedios proporcionan una importante prueba adicional del cuidadoso estudio que Darwin hizo de los trabajos publicados por Milne-Edwards.

148 En una carta a Milne-Edwards fechada el 1º de septiembre de 1848, Darwin le agradece por su amabilidad en la reunión de la BAAS en Oxford en junio de 1847; Véase carta 76 en Annotated Calendar of the Letters of Charles Darwin.

149 Véase el *Athenaeum*, 1143 (22 septiembre, 1849), 966. Este intercambio fue reimpreso en P. H. Barrett (ed.), *The Collected Papers of Charles Darwin, 2 vols.*, Chicago, University of Chicago Press, 1977, I, pp. 250-251. La posición de Milne-

a las importantes investigaciones de Milne-Edwards en ambos volúmenes de su *Cirrípedia*. La monografía de Darwin publicada en 1854 sobre los *Lepadidae* está dedicada a Milne-Edwards, "con el más sincero respeto, como el único aunque muy inadecuado reconocimiento que el autor puede hacer de su gran y constante deuda con la *Histoire naturelle des crustacées*, y con las otras memorias y trabajos sobre historia natural publicados por este ilustre naturalista".

MILNE-EDWARDS Y LA DIVISIÓN DEL TRABAJO

Milne-Edwards propuso por primera vez el principio de división del trabajo en sus artículos "Organización" y "Nervios" en el *Diccionario clásico de historia natural*.[150] El *Diccionario clásico* iba a bordo del *Beagle* y Darwin poseía un ejemplar.[151] Muy probablemente leyó estos artículos durante el viaje, ya que tratan ampliamente de los invertebrados, que eran centrales para las investigaciones zoológicas de Darwin en el *Beagle*.[152]

En el artículo "Organización", Milne-Edwards escribe:

> El cuerpo de estos animales [pólipos] puede ser comparado con una fábrica, donde cada trabajador está ocupado ejecutando trabajos similares, y donde, en consecuencia, su número influye en la suma total, pero no en la naturaleza del resultado. En efecto, cada parte del cuerpo puede oler, contraerse, moverse, alimentarse a sí misma y reproducirse para dar un cuerpo nuevo[...].
>
> Por el contrario, cuando la vida empieza a manifestar fenómenos más complejos y el resultado final producido por la interrelación de las diferentes partes del cuerpo se vuelve más perfecto, algunos órganos presentan una estructura particular.

Edwards en la comunidad científica la indica el siguiente pasaje de las "Transactions of Section D, Natural History, Including Physiology", del informe de la BAAS para 1849: "Los comentarios del eminente naturalista H. Milne-Edwards, miembro de la Academia de las Ciencias de París, sobre esta comunicación [artículo de M. Barrandi acerca de la metamortosis de ciertos trilobites recientemente descubiertos] son tan importantes que se hizo una excepción a la práctica ordinaria y se da un resumen de ellos en una nota", y enseguida se transcriben los comentarios de Milne-Edwards.

150 *Dictionnaire classique d'histoire naturelle:* "Organisation" está en el volumen XII (1827), pp. 332-344; "Nerfs" está en el volumen XI (1827), pp. 529-534.

151 El ejemplar de Darwin del *Dictionnaire classique* está ahora en la Casa de Down. El Sr. Titheradge, guardián de la Casa de Down, me informa que los artículos "Organización" y "Nervios" no llevan anotaciones de Darwin.

152 Por sus cartas a Henslow es claro que Darwin, estaba leyendo el *Dictionnaire classique*. Por ejemplo, el 18 de mayo de 1832 escribió: "Estoy bien sin libros. El Dic. Class. es el *más util*" (Barlow. (ed.), *Darwin and Henslow*, p. 54; véase también la carta número 22 de Henslow a Darwin). El "Diary of Observations on Zoology of the Places Visited during the Voyage of the H. M. S. *Beagle*" de Darwin está contenido en los Apartados 30, 31 y 32 de los artículos de Darwin en la biblioteca de la Universidad de Cambridge. Las primeras observaciones son básicamente sobre invertebrados.

> [...]La vida del individuo, en vez de ser la suma de un número mayor o menor de elementos idénticos, resulta de actos esencialmente diferentes producidos por órganos distintos.
>
> Todas las diversas partes de la economía animal *conducen* hacia la misma meta, pero cada una de modo apropiado a ella, y entre más numerosas y desarrolladas sean las facultades de un organismo mayor será la diversidad de estructuras y la *división del trabajo*... [cursivas del autor].

En lo esencial, la misma explicación aparece en la influyente obra de Milne-Edwards, *Elementos de zoología: lecciones sobre la anatomía, la fisiología y la clasificación de los hábitos de los animales,* cuyo primer volumen fue publicado en 1834:[153]

> En los animales cuyas facultades son más limitadas y cuya vida es más sencilla, el cuerpo presenta en todas partes la misma estructura. Todas las partes son similares, y esta identidad de la organización trae como consecuencia una manera análoga de actuar; el interior de estos organismos puede ser comparado a una fábrica donde todos los trabajadores están ocupados en ejecutar trabajos similares, y donde consecuentemente su número influye en la cantidad, pero no en la naturaleza de los productos. Cada parte del cuerpo lleva a cabo las mismas funciones que las partes vecinas y la vida del individuo está hecha de aquellos fenómenos que caracterizan la vida de una u otra de estas partes.
>
> Pero cuando uno asciende en la serie de organismos, al acercarse al hombre se ve que la organización se vuelve más compleja. El cuerpo de cada animal llega a componerse de partes que son más y más distintas unas de otras, tanto en su morfología, forma y estructura, como en sus funciones; y la vida de los individuos resulta de la participación de un número aún mayor de "instrumentos" dotados con facultades diferentes. Al principio es el mismo órgano el que huele, se mueve y absorbe del ambiente los nutrientes necesarios y garantiza la conservación de la especie. Pero poco a poco las diferentes funciones se localizan, y todas adquieren instrumentos que les son propios. Así, entre más se involucre la vida de un animal en una variedad de fenómenos, y entre más se definan sus facultades, o entre mayor sea el grado que alcanza la división del trabajo en el interior del organismo, más se complica su estructura.
>
> El principio que parece haber guiado a la naturaleza en el perfeccionamiento de los seres es precisamente uno de los que han tenido la mayor influencia so-

[153] H. Milne-Edwards, *Éléments de zoologie: leçons sur l'anatomie, la physiologie, la classification des moeurs des animaux* (París, Crochard, 1834). Darwin no poseía este libro. No está en la lista del *Catalogue of the Library of Charles Darwin in the Botany School* (Cambridge, Cambridge University Press, 1908), elaborado por Rutherford. En un catálogo de los libros de Victor Masson (Ancienne Maison Crochard) que Darwin poseía y ahora se halla en la biblioteca de la Universidad de Cambridge, Darwin registró el libro de Milne-Edwards que poseía, pero no *Elements de zoologie*.

bre el progreso de la tecnología industrial humana: *la división del trabajo*.[154]

Milne-Edwards concluye su artículo "Organización" diciendo que los sentidos (vista, olfato, oído, etc.) "dan nuevos ejemplos de la división del trabajo", y lo mismo es cierto para el aparato reproductor: "esta función, que al principio puede ser ejecutada indistintamente por todas las partes del cuerpo, se localiza y se vuelve dependiente de una serie de órganos más y más complejos. También los sexos se vuelven distintos y se da el acoplamiento necesario de dos individuos para realizar el acto procreativo". En el artículo "Nervios", Milne-Edwards introduce la tesis que elaborará más tarde en su *Introducción a la zoología general* de 1851:

> La naturaleza, que siempre es económica en los medios que emplea para llegar a una meta, ha seguido en el perfeccionamiento de los organismos el principio tan bien desarrollado por los economistas modernos, y es en estos trabajos, así como en la producción de las artes [mecánicas], que uno ve la gran ventaja que resulta de la división del trabajo.[155]

Aun si Darwin no leyó los artículos de Milne-Edwards a bordo del *Beagle* es seguro que los leyó a principios de la década de 1840, antes de iniciar su trabajo sobre los percebes. Esto puede inferirse de las notas de Darwin en la *Historia natural de los crustáceos* de Milne-Edwards. En la página 6 del volumen I de esta obra hay un párrafo que es esencialmente el mismo citado arriba del artículo "Nervios" en el *Diccionario clásico.* Darwin trazó una línea gruesa a la izquierda del párrafo y de la nota de pie de página de Milne-Edwards: "Ver los artículos 'Organización', 'Nervios', etc., del *Diccionario clásico de historia natural* y nuestros *Elementos de zoología,* donde hemos desarrollado este principio".[156] A partir del gran número de anotaciones de Darwin en el texto es evidente que leyó cuidadosamente los volúmenes de Milne-Edwards sobre los crustáceos. Probablemente en 1856 examinó los volúmenes otra vez, antes de empezar la versión larga de *Selección natural* y añadió en las tapas traseras otras referencias a las partes más útiles de los libros. Los volúmenes tratan todos los temas que eran de gran interés para Darwin en su investigación sobre los percebes: fisiología, anatomía comparada, principios generales de la clasificación, distribución geográfica. Particularmente reveladores son los comentarios de Darwin sobre la discusión de Milne-Edwards de la distribución geográfica de los crustáceos. Milne-Edwards había indicado que "con toda seguridad" los hechos no explican el "surgimiento" de estos animales a partir de

[154] Milne-Edwards, *Elemens de zoologie*, I, 8.

[155] H. Milne-Edwards, *Histoire naturelle des crustacées comprenant l'anatomie, la physiologie, et la classification de ces animaux*, 3 vols. (París, Librairie Encyclopedique de Roret, 1834-1840). El volumen I apareció en 1834, el II en 1837 y el III en 1840. Los ejemplares con notas de Darwin están en la biblioteca de la Universidad de Cambridge.

[156] *Ibid.*, I, 6.

un centro único de creación y su subsecuente dispersión a mares distantes:

> Uno observa que el área ocupada por cada especie tiene límites más o menos estrechos y uno no tarda en convencerse de que existen para estos animales marinos, así como para las plantas y animales terrestres, un cierto número de regiones diferentes caracterizadas por poblaciones particulares. La fauna de cada una de estas regiones está compuesta en parte de especies que no se encuentran en otro lugar y en parte por especies comunes.[157]

Al principio de la página, Darwin escribió: "¿Cómo explicar esto, excepto por creación única?", y al lado de la página comentó: "Sin tomar en cuenta nada más: ponga una barrera y tendrá especies diferentes de cada lado diferente". Pero al final de la página Darwin añade: "Creo que no leí con suficiente cuidado". Su respeto por Milne-Edwards era grande y bien merecido, y la explicación de la distribución geográfica de los crustáceos no era fácil. Darwin estaba en deuda con Milne-Edwards también por hacer surgir y aclarar preguntas taxonómicas, y es evidente que Darwin estudió cuidadosamente lo que Milne-Edwards tenía que decir sobre taxonomía durante las décadas de 1840 y 1850, y leyó todos sus trabajos a medida que fueron apareciendo.

En *Historia natural de los crustáceos,* Milne-Edwards también expone sucintamente su filosofía biológica. Las diferentes operaciones que definen la vida de un organismo, decía, pueden relacionarse con tres grandes divisiones: (1) generación (reproducción), cuya función es la conservación de las especies; (2) nutrición (y funciones relacionadas), cuyo papel es la sobrevivencia de los individuos de la especie, y (3) otras funciones que determinan la relación del organismo con su medio. Milne-Edwards fue cuidadoso al notar que esta separación de funciones no era absoluta, pero que era muy útil, especialmente al considerar a aquellos organismos que manifiestan funciones heterogéneas. De nuevo estableció el principio de la división del trabajo: "En una palabra, el principio seguido por la naturaleza en el perfeccionamiento de los organismos es el mismo que el desarrollado tan correctamente por los economistas modernos, y tanto en sus trabajos como en los productos de la industria se ven las enormes ventajas que resultan de la división del trabajo".[158] Milne-Edwards procede luego a elaborar este principio con palabras muy parecidas a las que había usado en *Elementos de zoología.*

Pero los planteamientos más extensos y filosóficos de Milne-Edwards sobre el principio de división del trabajo aparecieron en su *Introducción* a *la zoología general.* En el prefacio dice que en el libro trató de revelar el plan que ha "gobernado al reino animal". Aunque no creía ser capaz de determinar el camino seguido por "el autor de todas las cosas en la ejecución de su

[157] *Ibid.*, p. 555.

[158] *Ibid.*, p. 6.

obra", de todas formas creía que, con el fin de entender la armonía de esa creación, una hipótesis válida es suponer que la naturaleza había procedido como nosotros lo haríamos para producir un resultado análogo. Al estudiar a los organismos vivos como si fueran máquinas creadas por la tecnología humana, él "trató de explicar el modo en que habrían sido inventados y los principios que habrían llevado a tal conjunto de instrumentos variados".[159] El capítulo I de la *Zoología general* da una visión global del reino animal. Al hacer notar que nunca hay una identidad completa entre los individuos de una especie "ni en el tiempo ni en el espacio", Milne-Edwards sugiere que "la diversidad de los productos" es la primera condición impuesta por la naturaleza en la producción de los organismos. Aunque obedeciendo la ley de la diversidad de los organismos, la naturaleza no ha recurrido a todas las combinaciones fisiológicas que eran posibles; "y así como es pródiga [la naturaleza] en la variedad de sus creaciones, es económica en el modo de diversificar sus obras". Esta es la ley de la economía. Como una ilustración, Milne-Edwards cita el caso de las aves, de las que entonces se conocían ya más de dos mil especies. Con todo:

> En estos miles de especies e innumerables variedades, lo que es esencial es invariable[...] Con el fin de diversificar todos estos organismos, la naturaleza no ha recurrido a ninguna creación orgánica nueva. Se ha limitado a cambiar, dentro de límites estrechos, las proporciones de ciertas partes y a variar la decoración sin tocar el carácter esencial.

La tendencia general de la naturaleza ha sido multiplicar en "proporciones gigantescas" las diferencias, mientras varía mínimamente los constituyentes materiales de los animales y el modo en que estos materiales han sido dispuestos: "Así ha conciliado dos principios aparentemente contradictorios, porque se ha mostrado económica y generosa simultáneamente". A esta solución hegeliana del problema de la diversidad y la estabilidad de las especies, Milne-Edwards añade la declaración antilamarckiana de que la naturaleza ha tendido a variar el grado de perfeccionamiento alcanzado por los organismos. Así, los insectos son superiores a los moluscos con respecto a la locomoción, pero estos últimos son superiores en sus órganos digestivos y aparato circulatorio. El mismo principio opera también para órganos internos: el sistema nervioso del hombre es más perfecto que su sistema esquelético.

Los capítulos III y IV de la *Introducción a la zoología general* son dedicados a la influencia de la división del trabajo fisiológico en el perfeccionamiento de los organismos. Curiosamente, el capítulo III, que introduce el concepto, no está anotado abundantemente por Darwin (en contraste con los otros capítulos del libro). Esto sugiere que el principio no era nuevo para él. Darwin trazó una línea junto al planteamiento introductorio de Milne-Edwards: "tanto en

[159] Milne-Edwards, *Zoologie générale*, p. 6.

las creaciones de la naturaleza como en las manufacturas humanas, la perfección se adquiere principalmente a través de la *división del trabajo*",[160] y dos líneas cerca de la conclusión de la frase final del capítulo: "Es sobre todo por la división del trabajo que la naturaleza tiende a perfeccionar al organismo".[161] Las anotaciones restantes que hizo Darwin en el capítulo fueron trazar una línea cerca de la descripción de Milne-Edwards de los experimentos de Nicholet sobre la formación de la cavidad estomacal en animales inferiores (formada casi accidentalmente y de existencia sólo temporal), y escribir "hermosa gradación" cerca del pasaje con lo cual recordaba que Trembley demostró que una hidra puede voltearse de dentro hacia afuera sin afectar ninguna de sus funciones fisiológicas. La reacción de Darwin parece haber sido motivada por la belleza de las observaciones de Nicholet y Trembley.

El capítulo IV, que trata sobre los medios que emplea la naturaleza para efectuar la división del trabajo en los organismos animales, está, en contraste, cargado de notas. Darwin marcó el pasaje donde Milne-Edwards enfatiza que en un organismo,

> mientras mayor sea la especialización de funciones y la división del trabajo, mayor es el número de partes diferentes y la complejidad de la máquina tiene que aumentar[...] el número de partes diferentes que forma un organismo y la magnitud de las diferencias que estas partes presentan son los indicadores del grado al que la división del trabajo ha llegado.[162]

Darwin también marcó cuidadosamente la ilustración de Milne-Edwards de la magnitud de las series de fenómenos especiales que resultan de la especialización de diferentes órganos ("generalmente formados de partes preexistentes"). Evidentemente, Darwin fue receptivo a la sugerencia de Milne-Edwards de que la especialización fisiológica creciente (como la presencia de órganos respiratorios, reproductivos y digestivos) permite clasificar a los organismos y darles una jerarquía (aunque para Milne-Edwards esta *jerarquía* todavía está relacionada con una tabla de organización al estilo de Cuvier).

Limoges ha argumentado convincentemente[163] que la lectura de Milne-Edwards fue un paso importante para Darwin en el desarrollo del concepto de divergencia de los caracteres. La presentación y discusión de Milne-Edwards de temas tan importantes como la clasificación y la diversidad fueron seguramente útiles para Darwin. En particular, el énfasis de Milne-Edwards en el papel de la especialización funcional bien pudo ser responsable de la idea clave de Darwin de que el factor principal de divergencia en la diferenciación ecológica es la especialización funcional. Sin embargo, el problema para Darwin era cómo explicar el proceso de especialización funcional y cómo incorporar las otras leyes fenomeno-

[160] *Ibid.*, p. 35.
[161] *Ibid.*, p. 57.
[162] *Ibid.*, p. 60.
[163] Limoges, *La sélection naturelle* y "Darwin, Milne-Edwards et le principle de divergence".

lógicas que Milne-Edwards había propuesto (como la ley de la diversidad y la ley de economía) en un esquema explicativo basado en la evolución por selección natural.

Las ideas biológicas que Darwin obtuvo de la lectura de la *Zoología general* de Milne-Edwards sin duda fueron importantes. Yo sugeriría que fue de igual importancia la autorización que Darwin obtuvo para usar en un contexto biológico la metáfora de la economía industrial y su fuerza directriz: la competencia y la división del trabajo. La libertad con que Milne-Edwards aducía analogías industriales seguramente tuvo un impacto fuerte en Darwin. Le permitió atribuir el principio de la división fisiológica del trabajo a un eminente zoólogo y filósofo de la biología, en vez de a los economistas políticos. Esto concuerda con el énfasis que Darwin pone en Milne-Edwards en su discusión de la divergencia de los caracteres en *Selección natural* y en *El origen*… (Más aún, la filosofía zoológica que Milne-Edwards había presentado en la *Zoología general* era superficial o teleológica, y Darwin no tardó en hallar debilidades en esos argumentos que eran fácilmente explicables en un contexto evolutivo.) Pero con el fin de justificar mi tesis es necesario considerar más cuidadosamente los conocimientos de Darwin sobre economía política antes de 1852.

DARWIN Y LA ECONOMÍA POLÍTICA

Antes de discutir la influencia de la economía política en Darwin debemos colocarlo primero en su medio social, intelectual, político y económico. Sabemos que creció en una familia liberal. Su padre, Robert Waring Darwin, era un unitariano, y su abuelo, Erasmus Darwin era un deísta y materialista. Los dos tendían hacia el agnosticismo y tenían marcada inclinación por las concepciones de la ilustración francesa sobre educación y política.

Robert Waring Darwin era voluble, voluminoso y hablador. Como hijo de Erasmus Darwin, era considerado hereje y radical en el conservador Shrewsbury, donde vivía la familia.[164] Pero como se había ganado el respeto de la población local por sus conocimientos médicos y por su habilidad para conquistar su confianza, su posición política y filosófica no obstaculizaba su práctica médica. Nunca abandonó sus inclinaciones liberales y, en 1823 o 1824, sus hijas, con su apoyo económico, abrieron la primera "escuela libre para niños" en

[164] Véase la introducción de Charles Darwin en Ernst Krause (ed.), *The Life of Erasmus Darwin Together with an Essay of His Scientific Works*, Nueva York, D. Appleton 1880; véase también el "Essay on a Psychological Study of Scientific Creativity", de Gruber en *Darwin on Man*; R. E. Colp, *To Be an Invalid: The Illness of Charles Darwin*, Chicago, University of Chicago Press, 1977, cap. I; Desmond King-Hale, *Erasmus Darwin,* Londres, MacMillan, 1963, y Hesketh Pearson, *Doctor Darwin*, Londres, Dent, 1930. Sobre Robert W. Darwin, véase Eliza Meteyard, *A Group of Englishmen (1795 to 1815), Being Records of the Younger Wedgwoods and Their Friends*, Londres, Longmans, Green, 1871. Meteyard escribió "cuando se trataba del credo religioso y la opinión política, los habitantes de Shrewsbery eran igualmente estrechos y fanáticos hasta el exceso" (p. 257).

Shrewsbury. La escuela seguía la filosofía educativa de Rousseau y Pestalozzi y estaba equipada con "pizarrones, cuentas y figuras aritméticas", consideradas novedades en esos días.[165]

La familia de la madre de Charles Darwin, los Wedgwood, estaba muy relacionada con el pensamiento liberal e inicialmente era simpatizante de los ideales de la revolución francesa.[166] Josiah Wedgwood, el viejo, era amigo íntimo de Erasmus Darwin, de James Watt y de Joseph Priestley. Fue una de las pocas personas que ayudó a Priestley cuando fue víctima de los disturbios políticos en Birmingham en 1791.[167] Dos de los hijos de Wedgwood, Thomas y Josiah (el tío Jos), eran buenos amigos de Godwin, Wordsworth y Coleridge en la época en que estos últimos eran considerados radicales. Los hijos de Wedgwood le ofrecieron a Coleridge una cuota anual de por vida,[168] y Josiah Wedgwood, el joven, ayudó a Godwin económicamente cuando pasaba épocas malas en la primera década del siglo. El joven Josiah Wedgwood conocía bien a Henry Brougham, James Mackintosh y Sidney Smith y estuvo muy involucrado en las transformaciones económicas y políticas ocurridas a lo largo de su vida. Fue miembro del parlamento durante los años turbulentos que siguieron a la caída de Napoleón y participó en los intentos por derogar las Leyes del Maíz.

Darwin admiraba mucho a su tío Jos[169] y cuando era joven frecuentemente visitaba su casa en Maer. Sir James Mackintosh, amigo íntimo de Bentham, era cuñado del tío Jos y con frecuencia estaba en Maer. En su *Autobiografía*, Darwin describe a Mackintosh como "el mejor conversador que he oído"[170] y recuerda con orgullo obvio que Mackintosh había dicho de él, "hay algo en ese joven que me interesa", luego de que Mackintosh lo conoció en Maer en

[165] Meteyard, *A Group of Englishmen*, p. 265.

[166] J. C. Wedgwood, *A History of the Wedgwood Family*, Londres, St. Catherine Press, 1909; E. Meteyard, *The Life of Josiah Wedgwood*, 2 vols., Londres, 1865-1866. Para una introducción breve a este periodo véase Gruber y Barret, *Darwin on Man*, pp. 17-33; otro estudio excelente es el de J. D. Y. Peel, *Herbert Spencer: The Evolution of a Sociologist*, Nueva York, Basic Books, 1971, especialmente el capítulo sobre Erasmus Darwin.

[167] Anthony Burton, *Josiah Wedgwood. A Biography*, Nueva York, Stein y Day, 1976, pp. 213-214.

[168] Véase, por ejemplo, W. J. Bate, *Coleridge*, Nueva York, MacMillan, 1968, pp. 85-88, 126-127. Aparentemente, Darwin se interesó especialmente en el grupo de "radicales" cercanos al joven Josiah Wedgwood a principios de siglo: Godwin, Southey, Wordsworth, Coleridge. Darwin estaba leyendo a Godwin y Shelley en 1841 y 1842, y sus cuadernos de lectura de ese periodo registran: "1841 –23 de julio, respuesta de Godwin a Malthus (Shelley dice que es victoriosa y decisiva). 4 de diciembre Godwin sobre *Population*, 26 de septiembre–1842, *Letters and Essays* de Shelley". Su gusto por la poesía de Wordsworth es bien conocido. En 1848, Darwin comentó en su cuaderno de lectura: "El recuerdo de Cottle de Coleridge & Southey (muy bueno)".

[169] Darwin, *Autobiography*, LLD, pp. 38-39: "Yo también estaba muy ligado a mi tío Jos y lo veneraba grandemente; era silencioso y reservado[...], pero a veces me hablaba abiertamente. Era el prototipo del hombre recto, de juicio muy claro. No creo que ningún poder en la Tierra pudiera hacerlo desviarse un palmo del que consideraba el camino correcto".

[170] *Ibid.*, p. 38.

1827. Darwin añade: “Esto debió ser principalmente porque percibió que yo escuchaba con mucho interés todo lo que me decía, ya que yo era tan ignorante como un burro en temas de historia, política y filosofía moral”.[171] La influencia de Mackintosh en Darwin fue grande. En 1839, Darwin estudió cuidadosamente la disertación sobre el progreso de la filosofía ética de Mackintosh y estando en Maer en el verano de 1840 releyó las Memorias de Mackintosh. En enero de 1846 leyó *Vida de más* de Mackintosh y en julio de ese año “Trabajos Misc., 3 vol.” de Mackintosh.[172]

Después de su retorno del viaje del *Beagle*, como miembro distinguido de la élite científica británica y de la clase alta inglesa, Darwin estaba completamente informado no sólo de los adelantos en todos los campos científicos, sino también de los temas políticos y económicos que se debatían en la Gran Bretaña. La discusión de los trabajos históricos, literarios y filosóficos importantes de la época era usual en las cenas a las que asistía cuando vivía en Londres en el periodo de 1837 a 1841. Darwin se mantenía al día de todos los avances intelectuales leyendo voraz y asiduamente no sólo revistas científicas inglesas y del continente, sino también publicaciones influyentes como la *Edinburgh Review*, la *Quarterly Review* y el *Athenaeum*. Como G. M. Young ha señalado, éstos eran los órganos escritos por y para “las clases letradas, cuyos escritos y conversaciones hacían la opinión”.[173] Darwin era miembro entusiasta del exclusivo Club Athenaeum, al que pertenecían los miembros más influyentes de la sociedad británica.[174]

En sus escritos personales, Lyell describe la atmósfera en el Athenaeum: “Anoche estuvo muy interesante la reunión del Athenaeum porque vinieron muchos miembros de la Honorable Cámara Legislativa, luego de que la nueva iniciativa de reforma fue rechazada y dieron sus opiniones en pro y en contra”.[175] En otra ocasión, Lyell dice: “Esta tarde encontré la mesa del Athenaeum con libros nuevos –en este aspecto un club es una economía real–, nuevos discursos de Whately sobre economía política”.[176] Darwin estaba “lleno de admiración por el Athenaeum”,[177] y en 1838, Lyell escribió a Darwin:

171 *Ibid*.

172 Vorzimmer, “The Darwin Reading Notebooks”, pp. 125, 134, 136. James Mackintosh, *Dissertation on the Progress of Ethical Philosophy Chiefly During the Seventeenth Century*, 2a ed., Edimburgo, Black, 1836; R. J. Mackintosh (ed.), *Memoirs of the Life of Sir James Mackintosh*, 2 vols., Londres, E. Maxon, 1835; R. J. Mackintosh (ed.), *The Miscellaneous Works of Sir James Mackintosh*, 3 vols., Londres: Longman, Brown, 1846. James Mackintosh, *History of England from Earliest Times to the Year 1588*, Lardner’s Cabinet Encyclopedia, 1830 pudo haber estado a bordo del *Beagle*. FitzRoy y Darwin lo citan en “The Moral State of Tahiti”, *South African Christian Recorder*, 2 (1836):221-238. Véase Barret (ed.), *Collected Papers of Charles Darwin*, I, pp. 19-38. Véase también a E. Manier, *The Young Darwin and His Cultural Circle*, Dordrecht, D. Reidel, 1978.

173 G. M. Young, *Victorian England: Portrait of an Age*, Oxford, Oxford University Press, 1953, p. 6.

174 Francis Gled Stanes Waugh, *Members of the Athenaeum Club, 1824 to 1887* (impresión privada).

175 *Life of Lyell*, I, p. 356.

176 *Ibid*., p. 332.

177 *Ibid*., p. 264.

> Estoy muy contento de saber que le gusta el Athenaeum. Yo solía cometer un error cuando asistí allí por primera vez. Cuando estaba ansioso de terminar mi libro, luego de perder "dos horas" sin lograr escribir nada, iba allí para holgazanear, pero muy por el contrario mi cabeza trabajaba intensamente, pues me exaltaba al encontrarme con gente inteligente, que con frecuencia hablaba con provecho precisamente sobre el tema del cual estaba escribiendo.[178]

La descripción que Lyell hace de Poulett Scrope, un miembro del Athenaeum y profesor de geología en Oxford, que más tarde se convirtió en un eminente economista político, se aplicaría igualmente bien a todos los miembros del círculo cultural de Darwin: "Scrope[...] tiene una mente intelectualmente muy activa, está atento a todo, política, economía política, Hume, la metafísica de Berkeley y Reid, geología, Irving, los Roweites y el progreso del fanatismo".[179] Esta caracterización se aplica, ciertamente, a Lyell, Whewell, Babbage, Henslow, Sedwick, John Herschel, su hermano Erasmus, su primo Hensleigh Wedgwood, Carlyle, Harriet Martineau y después Hooker.

Darwin también era miembro de la Royal Society, y además de 1838 a 1841 fue secretario de la Sociedad Geológica. En las juntas ejecutivas de esta institución estableció contacto regular con Whewell, Lyell, Babbage, De la Beche, y otros cuyo interés e influencia se extendían a todas las sociedades científicas importantes: la Royal, la de Estadística, la Astronómica. Los frutos del trabajo zoológico y botánico de Darwin a bordo del *Beagle* lo pusieron en contacto con los principales zoólogos y botánicos ingleses, así como con las instituciones científicas relacionadas con estas disciplinas.

Durante los cuarenta, aunque muchas veces incapacitado, Darwin frecuentemente asistió a las reuniones científicas en Londres y se alojaba con su hermano Erasmus o en el Athenaeum. También fue a varias de las reuniones de la BAAS y fue vicepresidente de la BAAS en 1849.[180] En estas reuniones se relacionó con la aristocracia científica: Herschel, Lyell, Whewell, Sykes, Babbage, Fitton, Sabine, Strickland, Porter, hombres que eran influyentes en el diseño de la política científica y estaban ciertamente involucrados en los asuntos políticos y económicos de la época.[181] No es accidental que cuando Sedwick, el decano de los geólogos ingleses, no pudo aceptar el encargo de escribir la sección geológica del *Manual de investigación científica del Almirantazgo,*[182] John Herschel, su editor, buscó a Darwin

[178] *Ibid.*, p. 44.

[179] *Ibid.*, p. 356. En relación con esto véase también M. Rudwick, "Poulett Scrope on the Volcanoes of Auvergne: Lyellian Time an Political Economy", *Brit. J. Hist. Sci.,* 7 (1974):205-242.

[180] Véase Gavin de Beer (ed.), "Darwin's Journal", *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Hist. Ser., 2,* núm. 1 (1959), para un registro de la asistencia de Darwin a las diferentes reuniones de la BAAS.

[181] Véase, por ejemplo, la carta que Darwin escribió desde la reunión de Birmingham de 1849 de la BAAS, LLD, I, pp. 346-347.

[182] Herschel, John, *A Manual of Scientific Inquiry*, Londres, John Murray, 1849.

por sugerencia de Sedwick, para esa tarea.[183] El manual es un documento fascinante, y uno de sus aspectos más importantes es la lista de los que contribuyeron: Herschel, Airy, Sabine, Whewell, Darwin, Owen, Hooker, Prichard, Porter, De la Beche, en suma, los científicos ingleses más activos, respetados e influyentes de la época.

Las posiciones de Darwin como miembro del partido liberal Whig son bien conocidas. De hecho, sus diferencias con las posiciones conservadoras del capitán FitzRoy, miembro del partido conservador Tory, respecto a la esclavitud, casi le costaron su puesto en el *Beagle*. La opinión de Darwin sobre la esclavitud fue constante.[184] En 1845, después de haber leído *Viaje en Norteamérica* de Lyell, Darwin le escribió: "Su argumentación sobre la esclavitud me molestó mucho, pero como no le importa mi opinión sobre este tema, no diré nada, excepto que me dio algo de insomnio y muchas horas incómodas".[185] En 1845, cuando la plaga de la papa se unió con la pésima cosecha de maíz, Darwin obedeció la sugerencia de Henslow de que la gente bien nacida no debía comprar papas. En una carta a Henslow en que aprobaba su posición sobre este problema, Darwin señalaba también que "las leyes infames del maíz [serían] eliminadas si uno solo de nosotros[...] tuviera que pagar 50 o 100 libras adicionales por su pan".[186]

Debido a la posición de Darwin en la comunidad científica y su extracción social es seguro que estaba familiarizado con los escritos de los principales economistas políticos de la época. Sólo consideraré detalladamente el conocimiento que Darwin tenía de las ideas de corte benthamita del utilitarismo y su familiaridad con el principio de división del trabajo, discutiendo mucho más brevemente el individualismo, la competencia y otros temas relacionados. Además, me limitaré a aquellas fuentes para las que existe prueba decisiva de que fueron leídas por Darwin, aun cuando creo que pueden elaborarse inferencias interesantes pero menos precisas a partir de la posición social y del estatus científico de Darwin.

Probablemente, Mackintosh y el tío Jos influyeron en Darwin para disponerlo favorablemente hacia el utilitarismo como sistema filosófico y hacia su modo deductivo de razonamiento al tratar cuestiones morales y políticas. Su padre era utilitarista en apariencia y práctica. Ciertamente, estas tendencias fueron reforzadas cuando

183 J. W. Clarck y T. M. Hughes, *Life and Letters of the Reverend Adam Sedwick*, , vol. I., Cambridge, Cambridge University Press, 1890.

184 R. E. Colp, "Charles Darwin: Slavery and the American Civil War", *Harvard Lib. Bull., 26*, núm. 4 (1978):471-489.

185 LLD, I, pp. 309-310. Véase también la declaración apasionada de Darwin en la segunda edición de su *Journal of Researches*, II, pp. 302-304. La opinión de Darwin sobre la guerra civil estadunidense es analizada en Dupree, Asa Gray. Hacia el final del conflicto, Darwin era el único científico inglés a quien Gray podía comunicar sus posiciones antiesclavistas. Véase también Colp, "Charles Darwin: Slavery and the American Civil War", pp. 471-489.

186 Barlow (ed.), *Darwin and Henslow*, pp. 156-157.

Darwin era un estudiante no graduado en Cambridge. Por ejemplo, para pasar el examen de Bachiller en Artes era necesario el conocimiento de las *Evidencias* y de la *Economía moral y política* de Paley.[187] Darwin decía que el estudio de Paley "se hacía profundamente", y que la lógica de estos libros y de su *Teología natural* le dio tanto placer como Euclides. Añade:

> El estudio cuidadoso de estos trabajos[...] fue la única parte de mis estudios académicos que, pensaba entonces, y pienso todavía, fue de la mayor utilidad para la educación de mi mente. No me preocupaba entonces acerca de las premisas de Paley y, tomándolas como ciertas, estaba admirado y convencido por la amplia argumentación.[188]

En el capítulo XI de su *Economía moral y política*, Paley es concreto y va directo al grano:

> El objetivo final de toda la política racional es promover la mayor cantidad de felicidad en una localidad dada[...].
>
> Segundo: aunque hablamos de las comunidades como de seres sensibles; aunque les atribuimos felicidad y miseria, deseos, interés y pasiones, nada existe o siente realmente, sino los *individuos* [cursivas de Paley]. La felicidad de un pueblo está hecha de la felicidad de cada individuo, y la cantidad de felicidad sólo puede ser aumentada incrementando el número de quienes la experimentan o el placer de sus percepciones.
>
> Tercero: aun cuando la diversidad de condición, especialmente los diferentes grados de abundancia, libertad y seguridad, hacen que varíe grandemente la cantidad de felicidad disfrutada por el mismo número de individuos[...] puede afirmarse con certeza que la cantidad de felicidad producida en cualquier distrito depende, en última instancia, del número de habitantes, ya que comparando épocas subsecuentes en el mismo lugar, la felicidad colectiva guardará una proporción casi exacta a la cantidad de personas[...].
>
> De estos principios se deduce que la cantidad de felicidad de un distrito dado[...] es afectada sobre todo, y de modo muy natural, por la alteración de las cantidades; que, en consecuencia, el deterioro de la población es el mayor mal que puede sufrir un Estado, y el mejoramiento de ella[...] debe anteponerse preferentemente a cualquier otro propósito político.[189]

[187] Fue hasta principios de 1833 que Paley y su utilitarismo cayeron en descrédito entre los clérigos de Cambridge. Véase, por ejemplo, el ataque severo a Paley en Adam Sedwick, *A Discourse on the Studies of the University*, Cambridge, Cambridge University Press, 1833. La refutación de J. S. Mill fue reimpresa en *Dissertations and Discussions*, Boston, W, V. Spencer, 1864, pp. 121-185.

[188] Darwin, *Autobiography*, LLD, pp. 40-41. En 1859, en una carta a John Lubbock, Darwin señala: "No creo haber admirado más un libro que la *Teología natural* de Paley. Casi podría haberlo recitado de memoria" (LLD, II, 219).

[189] *The Works of William Paley, Moral, and Political Philosophy*, pp. 149-150.

Ya que la máxima felicidad en un lugar depende de la población máxima por unidad de área, y ya que "en la fecundidad del humano, como en cualquier otra especie animal, la naturaleza ha hecho posible una multiplicación indefinida[...] en los países con circunstancias muy favorables para la subsistencia, la población se ha duplicado cada 25 años",[190] Paley se pregunta cuáles son las restricciones que evitan una población máxima y procede a hacer un análisis malthusiano. A partir de las premisas concernientes a la felicidad y a la población, Paley deduce su posición sobre la producción y distribución de la riqueza, el empleo, el comercio, todas ellas cuestiones concernientes a la economía política. Las políticas que aumentan la población son vistas favorablemente y viceversa. Por ejemplo, la colonización tiende a aumentar la población del Estado parental y, por lo tanto, debe ser estimulada, particularmente cuando el país parental "produce mercancías" mientras las colonias cultivan nuevas tierras.[191] En suma, la filosofía moral y política de Paley es un paradigma del enfoque deductivo utilitarista de los problemas de moral, teología y ley. La felicidad es definida como el exceso de la suma de placeres sobre la suma de penas.

El principio del placer no podía ser tomado por Darwin como un principio *biológico* fundamental para explicar el orden moral, porque aunque posiblemente sea una condición necesaria, no es suficiente. Pero ya que la cantidad de felicidad humana es proporcional al tamaño de la población, el principio de población máxima por área cuadrada podría tomarse (y de hecho sería mucho mejor) como el principio fundamental que subyace las bases biológicas del orden encontrado en el mundo viviente, incluyendo el orden social y moral.

Las extensas lecturas de Darwin durante el periodo de 1838 a 1840 lo pusieron en contacto con los tratados utilitaristas sobre moral y filosofía política.[192] Debe recordarse que en esa época, la moral y la economía política eran uno y el mismo tema. Aunque su interés durante ese periodo era principalmente sobre la *evolución* del sentido moral, estas lecturas lo compenetraron más íntimamente con los intentos benthamitas para

> fundar una ciencia social de acuerdo con el modelo de las ciencias exactas, la ciencias de la medición, la geometría y la mecánica[...] pero los placeres egoístas y las penas que conciernen al bienestar de nuestra individualidad son las únicas que admiten equivalentes objetivos, y son las únicas que pueden ser medidas. Más aún, los benthamitas, más o menos conscientemente, concebían cada ciencia como una explicación por reducción, por descomposición en elementos simples. Dónde, por lo tanto, excepto en los individuos, que

[190] *Ibid*., p. 150.

[191] *Ibid*., p. 156.

[192] Véanse para ejemplos los cuadernos M y N, transcritos en Gruber y Barrett, *Darwin on Man*. Véase también E. Manier, *The Young Darwin and His Cultural Circle*, Dordrecht, D. Reidel, 1978.

> son el sujeto de la motivación egoísta, podían encontrar el jurista y el economista los elementos simples necesarios para la organización de su conocimiento.[193]

En su *Filosofía moral y política,* Paley retomó la opinión de Adam Smith sobre el mejor uso que puede hacerse de la riqueza natural y de los medios necesarios para producir "el máximo de felicidad, en la medida en que este fin general es promovido por la producción del máximo de riqueza y del máximo de población".[194] Podemos inferir legítimamente que Darwin leyó *La riqueza de las naciones* de Smith en alguna etapa de sus estudios en Edimburgo, aunque no hay registro de ello. Está anotado en los cuadernos M y N que estudió la "Vida de Adam Smith" de Dugald Stewart. Estos cuadernos también registran la lectura de Darwin de los *Ensayos sobre temas filosóficos* y la *Teoría sobre los sentimientos morales* de Smith.[195] Los cuadernos de lectura de Darwin indican que el 15 de enero de 1842 leyó nuevamente de manera superficial partes de la *Teoría sobre los sentimientos morales* de Smith.

No obstante, existe una evidencia circunstancial. Sólo Adam Smith habla de divergencia de *caracteres*. En *La riqueza de las naciones* dice que "la diferencia entre los caracteres más distintos, entre un filósofo y un portero común, por ejemplo", no es "tanto la causa como el efecto de la división del trabajo".[196] Smith y Hume, a quien Darwin leyó en 1839, consideraban que al nacer todo ser humano tenía casi exactamente las mismas capacidades: es la división del trabajo la que altera el carácter, no el carácter el que determina la selección del hombre de una tarea particular en la división del trabajo.

Hay dos fuentes a partir de las cuales Darwin se familiarizó definitivamente con la doctrina de Smith sobre la división del trabajo. La *Economía política de* McCulloch y los escritos del tío de su esposa, Jean Charles Leonard Simon Sismondi, el eminente economista político suizo. Los cuadernos de lectura de Darwin indican que leyó los *Principios de economía política* de McCulloch en mayo de 1840.[197]

Darwin debió encontrar atractivo el libro de McCulloch, ya que trataba el tema desde un punto de vista histórico y evolutivo. McCulloch decía que la economía política "posee realmente tanta certeza en sus

[193] Halévy, *The Growth of Philosophical Radicalism*, p. 467.

[194] *The Works of William Paley*, p. 149 y ss.

[195] Para "Life of Adam Smith" de Stewart, véase la edición de Stewart, *Essays on Philosophical Subjects,* Londres, T. Cadell y W. Davis, 1795. *Theory of Moral Sentiments* de Smith fue publicado en 1759 (Edinburgo, A. Millar).

[196] Adam Smith, *The Wealth of Nations*, Nueva York, Modern Library, 1937, cap. 2.

[197] J. R. McCulloch, *The Principles of Political Economy with a Sketch of the Rise and Progress of the Science*, 2a. ed., Londres, Longman's, 1830. Los cuadernos de lectura indican que Darwin también leyó y resumió *Fable of the Bees* de Mandeville en mayo de 1840. Para un estudio reciente sobre McCulloch, véase P. O'Brien, J. R. McCulloch, *A Study in Classical Economics*, Londres, George Allen & Unwin, 1970. También Louis Dumont, *From Mandeville to Marx*, Chicago, University of Chicago Press, 1977.

conclusiones como cualquier ciencia fundada en el *hecho* y el *experimento*".[198] Pero enfatizaba que "sin embargo, existe una diferencia material entre las ciencias físicas y las morales y políticas. Las conclusiones de las primeras se aplican en *todos* los casos, mientras que las de las segundas se aplican sólo en la *mayoría* de los casos".[199] En otras palabras, la economía política sólo tiene seguridad estadística, porque los principios de la economía política ejercen "un poderoso grado de influencia, aunque no siempre el *mismo,* sobre la conducta de todo individuo". McCulloch define el objeto de la economía política de la manera entonces canónica:

> señalar los medios por los que la industria del hombre puede volverse más productiva[...] de riqueza; asegurar las circunstancias más favorables para su acumulación; las proporciones en que es dividida entre las diferentes clases de la comunidad, y el modo en que puede ser consumida más ventajosamente.

La formulación benthamita del "principio de optimización" de la doctrina económica caracteriza el libro: un capitalista emplea su capital de modo que le rinda la tasa más alta de ganancia; un trabajador especializa sus habilidades para maximizar "la eficacia de sus fuerzas y por lo tanto de sus ganancias", y así sucesivamente.

Los *Principios de economía política* de McCulloch contienen una extensa exposición de la "división del empleo entre los individuos". McCulloch introduce el principio primero desde un punto de vista histórico y evolutivo, y luego desde el punto de vista del modo de operación del mercado libre. Cada individuo busca su propio interés dedicándose a una ocupación que maximice "la eficacia de sus fuerzas" y por lo tanto de sus ganancias. La tesis clásica de Adam Smith con respecto a las ventajas de la división del trabajo –(1) que incrementa la habilidad y destreza de los trabajadores; (2) que ahorra tiempo, y (3) que facilita la invención de máquinas y procesos para abreviar y ahorrar trabajo– es expuesta ampliamente. McCulloch señala luego, siguiendo nuevamente a Adam Smith, que las ventajas derivadas de la división del trabajo "pueden alcanzar su máxima amplitud cuando existe un gran poder de intercambio en un *mercado extenso";* y de hecho estas ventajas son "dependientes de y reguladas por la extensión del mercado".

De particular interés es la discusión de McCulloch sobre la división territorial del trabajo:

> Además de permitir que cada individuo en una sociedad limitada se dirija a algún empleo, hay otro aspecto más importante de la división del trabajo, que no sólo permite a los individuos particulares, sino a los habitantes de distritos enteros y hasta de naciones enteras, dedicarse de preferencia a ciertas ramas de la industria.

[198] McCulloch, *Principles of Political Economy*, p. 15.
[199] *Ibid.*, p. 16.

> Es en esta *división territorial del trabajo,* como ha sido apropiadamente llamada por el coronel Torrens, que se basa el comercio realizado entre distritos diferentes del mismo país y de diferentes países. Los diferentes suelos, climas y capacidades de producción poseídos por provincias diferentes de un país extenso, les permiten ser apropiadas de preferencia para cierto tipo de industria.[200]

Después de discutir las ventajas de esta división territorial del trabajo y el comercio que puede resultar de ella, McCulloch enfatiza la importancia de la formación de una clase mercantil separada que es la responsable de la promoción del comercio ("de hecho, es ella la que mantiene en movimiento ininterrumpido el telar y el arado"). Más aún, cualquier medio de comunicación fácil entre diferentes partes de un país "contribuye grandemente a facilitar operaciones comerciales y es benéfico en alto grado". Una reducción en los gastos de transporte tiene los mismos efectos sobre los precios que una disminución en los costos de producción. En realidad, tiene un gran efecto, porque la comunicación creciente servirá a muchas empresas diferentes y ayudará a unir el país, "estimulando un espíritu de emulación y competencia entre los ciudadanos de los distritos más remotos" y así "impartirá nueva vida y vigor a la ciudad".

Darwin estaba claramente convencido de esta argumentación, ya que invirtió sumas considerables (y con éxito) en ferrocarriles y canales.[201] Hay un punto más que enfatizar con respecto al libro de McCulloch. Su libro estaba lleno del espíritu individualista[202] característico del pensamiento de la economía política inglesa desde Adam Smith hasta los treinta:

> cada individuo está esforzándose constantemente para encontrar los métodos más ventajosos de emplear su capital y trabajo. Es verdad que es su propia ventaja, y no la de la sociedad la que tiene en mente, pero ya que una sociedad no es nada más que un conjunto de individuos, es evidente que al perseguir cada uno constantemente su propio mejoramiento, sigue la línea

[200] *Ibid.*, p. 137.

[201] A. Keith, *Darwin Revalued*, Londres, Watts, 1955, particularmente capítulo 18. Por supuesto, otros ingleses hicieron lo mismo sin haber leído a McCulloch. La cuestión es que McCulloch reflejaba un punto de vista que el viejo y el joven Wedgwood habían puesto en acción a principios de siglo. Por ejemplo, véase la *Correspondence of Josiah Wedgwood, 1781-1794 with an Appendix Containing Some Letters on Canals and Bentley's Pamphlet on Island Navigation*, Manchester, E. J. Morten, 1906. Véase también G, R. Porter, *The Progress of the Nations, in Its Various Social and Economical Relations*, Londres, Charles Knight, 1838, secciones III y VI en particular, de donde fue tomado lo siguiente: "No hay circunstancia alguna relacionada con la condición interna de Inglaterra que provoque más admiración y envidia de los extranjeros que el grado de perfección al que hemos llevado nuestros medios de comunicación interna. La habilidad y el trabajo que se han aplicado con este objeto están entre las causas principales del alto grado de actividad que caracteriza y penetra a las clases productivas en todos los lugares del país".

[202] Halévy, *The Rise of Philosophical Radicalism*.

> de conducta precisa que es más ventajosa para el beneficio público.[203]

Es esta "inextinguible pasión por la ganancia" la que conduce a los capitalistas a emplear su capital en aquellas industrias que rendirán, "considerando todas las cosas", la tasa de ganancia más alta, y "en bien del interés público, el capital debe invertirse en las industrias que rinden esta tasa más alta". El libro termina con la siguiente recapitulación: "La línea correcta de acción es dejar que los individuos persigan su propio interés a su manera y nunca perder de vista la máxima *pas trop gouverner*. Es por el esfuerzo espontáneo y libre [...] de los individuos por mejorar sus condiciones [...] y sólo a través de él, que las naciones se vuelven ricas y poderosas".[204]

La lectura de Sismondi fue el otro medio por el que Darwin de seguro se familiarizó con la doctrina de Adam Smith de la división del trabajo. La tía preferida de la esposa de Darwin era Jessie Allen Wedgwood. En 1816, Sismondi le propuso matrimonio a Jessie, pero ella no aceptó. Sismondi perseveró y se casaron en abril de 1819. En 1826-1827, Emma y su hermana Fanny pasaron ocho meses en Ginebra con los Sismondi. Sismondi se encariñó mucho con Emma y la familia Sismondi pasó varias semanas, en 1841, en la residencia de la familia Darwin en la calle Gower en Londres, aunque Darwin no estaba ahí.

[203] McCulloch, *Principles of Political Economy*, p. 149.
[204] *Ibid.*, pp. 536-537.

Un año después de la muerte de Sismondi en 1842, *Quarterly Review* publicó un largo artículo de Palgrave con el título de "Vida y obra de Sismondi", que Darwin sin duda leyó. Este artículo incluía una amplia discusión de los trabajos de Sismondi sobre economía política y en particular sus diferencias con Adam Smith y la escuela inglesa de economía clásica. Las opiniones contrapuestas de Sismondi y Adam Smith sobre la división del trabajo son resumidas así:

> La división del trabajo, de acuerdo con Adam Smith, es la gran fuente de la "riqueza general [y nacional], difundiéndose *a través* de las diferentes clases de la sociedad". Sismondi dice "no", la división del trabajo es la fuente de la pobreza nacional: si usted hace de un hombre una máquina, una máquina lo reemplazará. Quien es empleado todo el día haciendo cabezas de alfileres, tendrá una cabeza del tamaño de un alfiler al final de su carrera. A causa de esta división, el hombre pierde vigor mental y corporal, salud, alegría, todo lo que hace deseable la vida[...].
>
> La competencia ilimitada, de acuerdo con la teoría popular, es la gran originadora de las riquezas nacionales. Sismondi dice "no", la competencia ilimitada convierte todo el sistema de comercio en un gran juego de "robar al vecino"[...].
>
> "Permítase a cada persona –cito a los economistas políticos, llámense Adam Smith, McCulloch o Chalmers, es lo mismo– procurar su propio interés del modo que mejor le parezca, y se estará promo-

viendo el interés general de la sociedad, ya que ésta consiste sólo de individuos". Sismondi contradice esta doctrina con el comentario de que un ladrón busca su propio interés cuando roba[...]. Los comerciantes engañan, los amos tiranizan, se necesita la intervención positiva de la ley para evitar la injusticia. Ésta era la doctrina [de Sismondi] en los *Nouveaux principes*.[205]

En septiembre de 1847, Darwin leyó la *Economía política* de Sismondi, una colección de sus ensayos que había sido traducida al inglés. Las notas de Mignet, quien revisó el trabajo de Sismondi, hacían ver las diferencias entre éste y la economía política inglesa:

> ¿No fue Sismondi el primero en indignarse por el *laissez faire, laissez passer* de la economía política? Fue Sismondi quien se indignó con el sistema en que algunos trabajan para que otros disfruten, él quien dijo que el beneficio de todos debería limitar los derechos de todos; que la propiedad es el derecho de usar, no de abusar[...]. Hay explotación cuando [el] hombre rico extrae de un suelo fértil y de fácil cultivo su ociosa opulencia, mientras quien ha producido esta ganancia muere de hambre sin poder tocarla.[206]

Uno de los ensayos incluidos en la colección era el prefacio de Sismondi a sus *Nuevos principios de economía política.* El prefacio fue escrito en 1826, cuando la crisis experimentada por Inglaterra está en la mente de Sismondi, para quien aquélla "requería [...] la interferencia del poder social para regular el progreso de la riqueza, en vez de reducir la economía política a la máxima tan simple y aparentemente tan liberal de dejar ser (de *laissez faire et laissez passer)"*.[207] Al comentar el contenido del libro cuyo prefacio era ese ensayo, Sismondi escribió:

> He demostrado que la riqueza territorial es más productiva en proporción a la mayor distribución de la tierra en manos de los campesinos[...] que aunque la invención de máquinas que aumentan el poder del hombre puede ser un beneficio para la humanidad, la injusta distribución que hacemos de las ganancias obtenidas mediante ellas, las convierte en el azote de los pobres[...] que el control natural de la población siempre es respetado por los hombres que poseen algo y no es tomado en cuenta por los hombres que nada poseen.[208]

En sus cuadernos de lectura, Darwin calificó el libro de Sismondi como "mediocre". Su liberalismo no iba tan lejos.

205 Francis Pelgrave, "Life and Works of Sismondi", *Quart. Rev., 72* (1843):299-356. También E. Halévy, *Sismondi*, París, Librairie Félix Alcan, 1935.

206 J. C. L. de Sismondi, *Political Economy and the Philosophy of Government*, con una nota histórica sobre su vida y obra de M. Mignet, Londres, John Chapman, 1847.

207 Sismondi, prefacio a los *New Principles of Political Economy and the Light Which They May Cast on the Crisis Which England is at This Time Experiencing*, reimpreso en Sismondi, *Political Economy*.

208 Sismondi, *Political Economy*, p. 72.

Estaba muy comprometido con la filosofía británica del individualismo y con el mínimo de interferencia del gobierno; el *laissez faire* y *laissez passer* eran ideales políticos en los que creía. También había comprado recientemente como inversión una granja en Lincolnshire.[209]

Otra posible fuente que introdujo en Darwin el concepto de división del trabajo fue el libro de Charles Babbage *Sobre la economía de máquinas y manufacturas*.[210]

Publicado en 1832, tuvo varias ediciones a principios de los treinta, con una cuarta edición aumentada que apareció en 1846. Fue resultado del interés de Babbage por su máquina calculadora, cuya construcción supervisaba desde 1822. Visitó un número considerable de fábricas en Inglaterra y Europa continental, con el fin de enterarse del estado del arte de la aplicación de la maquinaria a la manufactura. Una parte considerable del libro estaba dedicado a la discusión de la división del trabajo, ya que Babbage la consideraba "tal vez el principio más importante del que la economía de la manufactura depende". Al discutir cómo evolucionó el principio, Babbage escribe que "la sociedad debió hacer avances considerables antes de que este principio pudiera aplicarse en las fábricas, ya que es sólo en los países que han alcanzado un alto grado de civilización, y en los artículos en que hay gran competencia entre los productores, donde se introduce el sistema más perfecto de división del trabajo". En su comentario sobre la concepción de Adam Smith sobre el principio de la división del trabajo, Babbage afirma que cualquier explicación sobre lo barato de los artículos manufacturados producidos por división del trabajo es incompleta a menos que se añada el siguiente principio:

> Que el maestro manufacturero, al dividir en diferentes procesos el trabajo a realizar, requiriendo cada uno de ellos diferentes grados de habilidad o de fuerza, pueda aportar la cantidad precisa de ambos que sea necesaria para cada proceso; mientras que si el trabajo fuera ejecutado por un obrero, esa persona debe poseer suficiente habilidad para hacer lo más difícil y fuerza suficiente para hacer lo más laborioso de las operaciones en las que se divide el arte.[211]

Mi argumentación hasta este punto está relacionada principalmente con las lecturas de Darwin en el campo de la economía política. Hay otro punto que debe subrayarse. La transformación de las bases económicas de Inglaterra que se estaba realizando a principios de la era victoriana ante los ojos de Darwin –resultado de la industrialización desenfrenada y de la modernización intensiva de la agricultura– debió

[209] En *Darwin Revalued*, Keith dice que en 1845 Darwin compró la granja de Beesby en Lincolnshire como una inversión. Su padre le prestó 3 529 libras para la compra. Véase LLD, I, pp. 311-312.

[210] C. Babbage, *On the Economy of Machinery and Manufactures*, Londres, J. Murray, 1832.

[211] C. Babbage, *On the Economy of Machinery*, 4d. ed., Londres, J. Murray, 1846, pp. 175-176.

impresionarlo profundamente. La ciencia organizada no era un espectador neutral en este proceso. Por ejemplo, la BAAS participó enlistando el apoyo de sus miembros en proyectos que ayudaban a acelerar la transformación de la industria y la agricultura. Así, en 1840 la BAAS comisionó a Liebig para escribir un informe sobre el estado de la química orgánica. Liebig respondió con *La química orgánica y sus aplicaciones a la agricultura y a la fisiología*.[212] Darwin compró el libro en 1841.[213] A juzgar por sus marcas en el libro, el interés de Darwin en el tema probablemente surgió de su creciente atención a temas botánicos en esa época.[214] Otra razón para su interés es que la agricultura era la mayor empresa en la que se practicaba la selección artificial.

En su prefacio, Liebig indicaba que había intentado presentar los principios fundamentales de la química con el fin de elucidar los procesos químicos involucrados en la agricultura y en la fisiología. "La agricultura perfecta –enfatizaba Liebig– es el fundamento verdadero de todo el comercio y la industria es el fundamento de la riqueza de los Estados".[215] Su enfoque era utilitarista:

> El objeto *general* de la agricultura es producir de la manera más ventajosa una calidad determinada o un tamaño máximo, en ciertas partes u órganos de plantas particulares. Ahora, este objetivo sólo puede alcanzarse por la aplicación de aquellas sustancias que sabemos son indispensables para el desarrollo de esas partes u órganos, o proporcionando las condiciones necesarias para la producción de la calidad deseada.[216]

Darwin trazó una línea junto a este pasaje.

En dos ocasiones, una en 1844 y otra en 1851, Darwin leyó las *Cartas familiares sobre la química* de Liebig.[217] Este pequeño

212 *Organic Chemistry* de Liebig fue publicado en 1840.

213 El ejemplar de Darwin está en la biblioteca de la Universidad de Cambridge. La mayoría de las notas fueron hechas en 1841. Después de releer el libro en 1856, el único hecho que mereció una nota adicional colocada al final del libro se relaciona con que la sangre de las razas humanas tiene diferente color.

214 El creciente interés de Darwin en la botánica es atestiguado por el Apartado 49 de los artículos de Darwin en la biblioteca de la Universidad de Cambridge. Para una deliciosa revisión del trabajo botánico de Darwin, véase M. Allen, *Darwin and His Flowers: The Key to Natural Selection*, Nueva York, Tapingler, 1977.

215 Liebig, *Organic Chemistry*, prefacio.

216 *Ibid*, pp. 129-130.

217 J. Liebig, *Familiar Letters on Chemistry and Its Relations to Commerce, Physiology, and Agriculture*, Nueva York, Appleton, 1843. Darwin leyó este libro el 20 de noviembre de 1844 y el 14 de octubre de 1851, de acuerdo con sus cuadernos de lectura. Véase Vorzimmer, "The Darwin Reading Notebooks". El 3 de octubre de 1851, cuando estaba en Londres visitando la Gran Exposición, Darwin escribió a su hijo William: "Estoy leyendo un libro sobre química intitulado *Cartas familiares sobre la química* y eso me hace pensar frecuentemente en ti por las tardes". *Cartas familiares* de Liebig era muy popular y fue editado varias veces. La cuarta edición tenía por título *Familiar Letters on Chemistry in Relation to Physiology, Dietetics, Agriculture, Commerce, and Political Economy*, Londres, Walton and Marbely,

libro fue escrito "con el propósito especial de llamar la atención de los gobiernos y del público conocedor sobre la necesidad de establecer escuelas de química y de promover, por cualquier medio, el estudio de esta ciencia tan íntimamente relacionada con las artes, la investigación y el bienestar de las naciones modernas civilizadas".[218] Las cartas presentan de una manera más popular muchos de los temas encontrados en el volumen de *Química orgánica* de Liebig. La carta x trata sobre la relación "entre agricultura y la multiplicación de la especie humana", y en ella Liebig declara:

> El cultivo de nuestras cosechas no tiene otro objeto, finalmente, que la producción en el espacio más pequeño posible de un máximo de aquellas sustancias que están adaptadas para la asimilación y respiración[...] el hombre[...] está obligado a consumir fuerza simplemente para proporcionar materia para la respiración.
>
> El cultivo es la economía de la fuerza. La ciencia nos enseña los métodos más sencillos para obtener el mayor efecto con el menor gasto de poder y con los medios dados producir un máximo de fuerza.[219]

Como se dijo, Darwin había anotado un pasaje similar en la *Química orgánica* de Liebig. Darwin halló atractivos los enfoques de "optimización". Estos pasajes también indican la difusión amplia de esas formulaciones a principios de los cuarenta. Las anotaciones de Darwin en las páginas 95-97 del cuaderno E datan de 1839, y constituyen evidencia *independiente* de la influencia profunda de esos principios de optimización. Claramente, sus raíces yacen en las ciencias morales y sociales.

Aun si el impacto de la industrialización no era aparente para Darwin en la transformación de su medio físico e intelectual, una suposición dudosa, el gran acontecimiento de 1851, la Gran Exposición de los Trabajos de la Industria en el Palacio de Cristal, sí lo habría impactado. Su propósito era "presentar una prueba verdadera y un retrato viviente del grado de desarrollo al que ha llegado la humanidad entera[...] y un nuevo punto de partida desde el cual las naciones podrán dirigir sus esfuerzos futuros".[220] Su éxito fue grandioso. Como David Brewster escribió:

> La Exposición de 1857 es el gran experimento de los tiempos modernos [...] aparece ante nosotros gigantesca y sublime, provocando la admiración [...] del mundo civilizado [...]. En su aspecto moral y político está llena de resultados sin igual. Dentro de los límites del grandioso bazar se muestran los esfuerzos más nobles del género humano [...] los

1859. Es muy probable que Darwin haya leído dos ediciones diferentes en 1843 y 1851.

218 Liebig, *Familiar Letters*, p. 1.

219 *Ibid.*, p.8.

220 Citado en Asa Briggs, *Victorian People: A Reassessment of Persons and Themes*, 1851-1867, ed. rev., Chicago, University of Chicago Press, 1972, p. 16. El primer ensayo de este libro es "El Palacio de Cristal y los hombres de 1851".

maravillosos mecanismos en los que la ciencia y el arte han combinado sus poderes creativos.[221]

Nadie articuló más sucintamente que el príncipe consorte el significado de la Gran Exposición como un monumento al poder creciente del hombre sobre su ambiente físico y como un registro del progreso material de la época. El príncipe Alberto, que había propuesto la idea de la exposición y supervisó su realización, declaró.

> Nadie que haya puesto un poco de atención a las características peculiares de la época actual dudará por un momento de que vivimos un periodo de la más grandiosa transición, que tiende rápidamente a efectuar ese gran fin hacia el que toda la historia apunta: *la realización de la unidad de la humanidad*... Las distancias que separaban las diferentes naciones y partes del globo se desvanecen rápidamente ante los alcances de la invención moderna, y podemos atravesarlas con sorprendente facilidad. Se conocen los idiomas de todas las naciones, y sus conocimientos están al alcance de todos. El pensamiento se comunica con la rapidez y hasta con el poder del relámpago. Por otra parte, *el gran principio de la división del trabajo,* que puede llamarse la fuerza motriz de la civilización, se ha difundido a todas las ramas de la ciencia, la industria y el arte[...]. Caballeros, la exposición de 1852 nos da una prueba verdadera y un retrato viviente del grado de desarrollo al que la humanidad entera ha llegado en esta gran tarea, un nuevo punto de partida desde el cual todas las naciones serán capaces de dirigir sus *esfuerzos futuros*.[222]

Darwin asistió a la exposición el 30 de julio de 1851 y la disfrutó muchísimo".[223] Si la exposición no llevó hasta los hogares las virtudes de la competencia y la eficacia de la división del trabajo para satisfacer las necesidades del hombre produciendo

[221] La revisión de David Brewster sobre Charles Babbage, *The Exposition of 1851 or Views of the Industry, the Science and the Government of England*, Londres, 1851, 2a. ed., apareció en la *North Brit. Rev., 15* (1852):529. *The Exposition of 1851,* Londres, J. Murrar, 1851 de Babbage, fue revisado también en el número del 14 de junio de 1851 del *Athenaeum* y en muchos otros periódicos victorianos.

[222] El discurso del príncipe Alberto fue pronunciado en un banquete en la Mansion House el 21 de marzo de 1850. Fue citado en J. B. Bury, *The Idea of Progress*, Londres, MacMillan, 1932, p. 330. Véase también T. Martin, *The Life of the Prince Consort*, 5 vols., Londres, Smith, Elder, 1975-1980, III, p. 247. Sobre la intervención del príncipe Alberto en la Gran Exposición en relación con sus intereses artísticos, véase *R. Fulford, The Prince Consort*, Londres, MacMillan, 1966, sobre todo pp. 203-225, y *W. Ames, Prince Albert and Victorian Taste*, Nueva York, Viking Press, 1968.

[223] La hija de Darwin recuerda que "a partir del 30 de julio [1851] mi padre y mi madre pasaron una semana en la casa de Erasmus Darwin en la calle de Park, con el fin de ver la exposición. También nos llevaron a George y a mí, pero no saqué mucho provecho de ella, y recuerdo que me quedé en la casa para limpiar debajo de las escaleras, lo cual era al menos más divertido[...]. Mi padre la disfrutó muchísimo". Emma Darwin, *A Century of Family Letters*, 2 vols. (impresión privada, 1904), II, p. 153. La edición pública fue impresa por J. Murray, Londres, 1915.

"resultados sin igual", la ceremonia de inauguración, muy comentada en la prensa, sí lo hizo.

La revolución industrial afectó cada aspecto de la sociedad victoriana. Entender la dinámica de su desarrollo, con el fin de garantizar el progreso continuo de la nación, era una tarea importante y vital. Los artículos en los periódicos victorianos vibraban con la intensidad de las discusiones resultantes. Darwin, como miembro de la clase alta y de la élite científica, tenía interés económico y responsabilidad moral de estar bien informado de estos temas. El conocimiento de la economía política era un prerrequisito para una participación inteligente en el debate.

ECONOMÍA POLÍTICA, ESTADÍSTICA Y TEORÍAS EVOLUTIVAS

Mi investigación sobre los diferentes cabos que Darwin tuvo que atar para llegar al principio de divergencia ha resultado en una compleja red, pero esto no es sorprendente. El camino que lleva a un gran descubrimiento científico rara vez es lineal o predeterminado. Sería demasiado fácil atribuir una influencia causal uno a uno al estudio sobre la economía política y su teorización sobre la especiación. Tal vez sus opiniones antes de 1844, con su énfasis geográfico, fueron influidas por su lectura de McCulloch. De manera similar, tal vez la Exposición del Palacio de Cristal influyó sobre su teorización en el periodo de 1851 a 1852. Lo que me parece característico del estilo de investigación de Darwin es su inclinación a apropiarse de principios y modelos explicativos de cualquier fuente con la que se cruzó. Así, los planteamientos malthusianos sobre la población, el cálculo de optimización benthamita, la división del trabajo de Adam Smith fueron incorporados o transformados en principios biológicos que serían la base para la explicación de la dinámica del aumento de la diversidad de la vida en el transcurso del tiempo. Por supuesto, estas transferencias heurísticas son usuales.[224] En el caso de Darwin, las transferencias fueron entre campos que él consideraba tenían una relación especial entre sí. La evolución de los sistemas político, social y moral eran problemas biológicos para Darwin. Las leyes malthusianas sobre el crecimiento poblacional y la división del trabajo de Adam Smith eran leyes fenomenológicas que eventualmente deberían ser explicadas por principios biológicos.

Por supuesto, hacia los años treinta el problema de explicar la evolución de la sociabilidad y de las instituciones económicas y sociales del hombre, tenía una larga historia. Darwin se había sumergido en las fuentes, y sobre todo en los intentos escoceses por explicar la evolución y la estabilidad del orden moral y político.

Pero me parece que la famosa observación de Marx de que "es curioso ver cómo Darwin descubre en las bestias y los ve-

[224] Véase G. Holton, *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1973, y Holton, *The Scientific Imagination: Case Studies*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978.

getales su sociedad inglesa, con la división del trabajo, la competencia, la apertura de nuevas mercados, las invenciones y la 'lucha por la existencia' de Malthus",[225] ciertamente no es toda la historia.

Creo que es correcto asegurar que Darwin formuló su teoría en un lenguaje metafórico que era característicamente inglés. Gillispie ha sugerido que "nadie más que un inglés victoriano" podía haberse expresado como Darwin lo hizo en *El origen de las especies:*

> El lenguaje es tan ordinario [que casi parece que estuviéramos] leyendo un sermón laico sobre la autoayuda en la naturaleza. Todos los proverbios sobre ganancias y pérdidas están ahí, desde los provenientes del púlpito hasta los de despachos de contaduría[...]. En la carrera vence el más veloz[...] el progreso [surge] a través de la competencia[...]. Es, como dijo un crítico alemán en un comentario mordaz, economía política clásica aplicada a la biología. O como dijo el mismo Darwin, "ésta es la doctrina de Malthus aplicada a todo el reino animal y vegetal".[226]

Uno puede continuar la lista de Gillispie. Por ejemplo, Darwin caracteriza las áreas más grandes y favorables en que los animales dominantes evolucionan hacia nuevas especies como "los talleres más eficientes",[227] porque tienen las poblaciones más grandes, el mayor número de tipos de animales y la competencia más intensa. Los "lugares", esto es, los nichos ecológicos, se comparan con empresas de colonización. También es correcto decir que Darwin reconoció la ventaja que resultaría para el *individuo* de la división competitiva del trabajo en la economía del *laissez faire* y en la economía natural. Los organismos que se mudan a nichos desocupados tendrán menos competencia y en consecuencia una ventaja diferencial en la lucha por la sobrevivencia y la reproducción.

Pero es claro que Darwin hizo más que transcribir la economía política inglesa. Creo que también reflejó la gran discontinuidad conceptual de fines del siglo XVIII.[228] Aunque es de considerable interés establecer si esta discontinuidad es o no epistemológica como sugiere Foucault,[229] parece existir consenso en que un factor fundamental en esta fractura es la aceptación del elemento histórico para explicar los cambios observados. Las opiniones y compromisos sobre

[225] Karl Marx y Friedrich Engels, *Selected Correspondence, 1846-1895*, Nueva York, International Publishers, 1936, p. 000 (sic).

[226] C. Gillispie, *The Edge of Objectivity*, Princeton, Princenton University Press, 1960, pp. 303-304.

[227] Darwin, *Origin*..., p. 27. La noción de taller bien pudo haber tenido su origen en la traducción que hizo Darwin del término *ateliers* de Milne-Edwards, en la discusión de este último sobre la división del trabajo.

[228] De los muchos libros sobre el tema, véase, por ejemplo, J. B. Bury, *The idea of Progress*, Londres, MacMillan, 1932; F. E. Manuel, *Shapes of Philosophical History*, Stanford, Stanford University Press, 1968, y N. Mandelbaum, *History, Man, and Reason*, Baltimore, Johns Hopkins Press, 1971. Agradezco a Ernest Mayr por hacerme poner atención al libro de Mandelbaum.

[229] M. Foucault, *Les mots et les choses*, París, Gallimard, 1966.

el papel de la historia en provocar cambios podían ser radicalmente diferentes, compárese Condorcet y Herder,[230] pero había pocas dudas acerca de la importancia central del proceso histórico. También sostengo que, en términos generales, fue la perspectiva filosófica de Condorcet, con su predilección implícita por la matematización de la naturaleza, su equiparación de la matemática y la certidumbre, y su visión progresiva de la historia, la que estimuló al sector dominante de la ciencia británica en la primera mitad del siglo XIX. Sin duda, Darwin simpatizaba con esta perspectiva.

Un rasgo característico de la economía política, la geología y la historia natural después de 1815 es el reconocimiento por muchos de los mejores teóricos, de que debido a la complejidad de las entidades con las que esas ciencias tratan, la historia de estas entidades debe tomarse en cuenta: su historia ha delineado su desarrollo y su compleja estructura actual. Fue el reconocimiento de que esas ciencias tenían que estar basadas en elementos que tenían una historia, y que por lo tanto cambiaban en el tiempo, lo que constituyó el denominador común. El hecho de que en la comunidad de historia natural se hicieran intentos valientes por aceptar elementos fijos e invariables, como las especies inmutables, sólo transfirió los problemas de cómo explicar los cambios históricos observados en los animales a un nivel diferente, e hizo la confrontación final más cataclísmica.

Pero la predilección por la historia es más profunda. La estadística y la probabilidad jugaron un papel especial en el desarrollo de estas ciencias, sobre todo en las ciencias "sociales". Hacia los veinte del siglo XVIII, la probabilidad era ampliamente aceptada como el cálculo correcto para la descripción de fenómenos complejos, y la estadística era considerada la fuente de los datos en bruto sobre los que se basaban las ciencias que trataban con fenómenos complejos.[231]

Investigaciones recientes han puesto muy en claro que la influencia del movimiento estadístico en Inglaterra fue profunda.[232] Durante los treinta, los economistas políticos más influyentes entendían por "estadística" no sólo los datos brutos e inductivos sobre los que su ciencia se basaba, sino también el fundamento sobre el que se construía la economía política como

230 Véase, por ejemplo, el capítulo sobre Condorcet en F. Manuel, *The Prophets of Paris*, Cambridge, Harvard University Press, 1962, y la introducción de F. Manuel a J. C. Herder, *Reflections on the Philosophy of the History of Mankind*, Chicago, University of Chicago Press, 1968.

231 "Estadística" tiene muchos significados diferentes, que van desde la mera recopilación de datos hasta el manejo de datos experimentales, pero no voy a profundizar más en estas diferencias aquí. Véase en Merz, *History of European Thought*, vol. II, el capítulo "La visión estadística de la naturaleza".

232 Véase Philip Abrams, *The Origins of British Sociology, 1834-1914: An Essay with Selected Papers*, Chicago, University of Chicago Press, 1968; M. J. Cullen, *The Statistical Movement in Early Victorian Britain*, Hassocks, Harvester Press, 1975; Victor L. Hilts, "*Aliis Extererendum*, or, the Origins of the Statistical Society of London", *Isis, 69* (1978):21-43.

una ciencia cuantitativa, rigurosa y objetiva.[233] Esperaban que esa ciencia transformara el proceso legislativo del Parlamento. El problema era separar la *ciencia* de la economía política de la *política* del procedimiento legislativo.

Sin embargo, la gente que pertenecía al círculo en que se movía Darwin tenía sus dudas. Habían expresado con frecuencia fuertes razones para querer separar la ciencia de la economía política, con su característico y útil énfasis en la estadística, de las intrigas y compromisos de la política. Aún así, sus medios de comunicación, los periódicos que aparecían en las mesas del Athenaeum, presentaban una disciplina combinada, en la que no había una línea divisoria clara entre las dos disciplinas. Whewell, como presidente de la BAAS en 1833, defendió la formación de la Sección de Estadística de la BAAS[234] contra la posibilidad de que la filosofía política se entrometiera en la sociedad:

> Por ciencia entiendo la consideración de todos los temas, sean de naturaleza pura o mixta, que pueden ser reducidos a medidas y cálculos. Todas las cosas comprendidas dentro de la categoría de espacio, tiempo y número pertenecen por derecho propio a nuestras investigaciones, y todos los fenómenos que puedan ser puestos bajo el manto de la ley son objeto legítimo de nuestra indagación.
>
> ¿Pueden ser compatibles las investigaciones estadísticas con nuestras tareas, y ser admitidas en el seno de nuestra sociedad? Creo definitivamente que sí, siempre que tengan relación con el tema en cuestión, con la mera abstracción y con resultados numéricos. Consideradas de este modo, proporcionan lo que puede llamarse materia prima para la economía política y la filosofía política; y con su ayuda tal vez pueden ser establecidos finalmente los fundamentos firmes para estas ciencias.[235]

El uso de la estadística no estaba confinado a las ciencias sociales. En los veinte la geología estaba saliendo de su fase descriptiva y de nuevo se ponía gran énfasis en los fundamentos dinámicos de esta ciencia. Rudwick ha presentado de manera convincente la concepción de Lyell sobre la

233 Por supuesto, esta tradición se remonta hasta Adam Smith y los fisiócratas. Uno de los aspectos en que Adam Smith difiere de Senior, Jones y McCulloch es su opinión sobre la "objetividad" de la economía política. Estos últimos economistas políticos tuvieron muchos problemas para separar las acciones políticas de la economía política y para aclarar la relación de la economía política con los actos políticos legislativos. Para Adam Smith, todo ser humano posee al nacer casi exactamente lo mismo en carácter y capacidades que cualquier otro ser. Según él, la división del trabajo es la que altera los caracteres. Los otros economistas mencionados previamente aceptaban mayor variabilidad y diferencias entre la gente.

234 Para un relato sobre la formación de la Sección de Estadística de la BAAS, véase Hilts, "*Aliis Extererendum*"; Cullen, *The Statistical Movemente*, y C. Babbage, *Exposition of 1851*, 2a. ed., Londres, J. Murray, 1851.

235 W. Whewell, *Report of the Ninth Meeting of the British Association for the Advancement of Science*, 3 (1833), xc-xci.

paleontología estadística,[236] y la influencia de la economía política en la formulación de su cronometría de los estratos terciarios. En esos años la fitogeografía tenía la faceta estadística bien desarrollada.[237]

Ya sea que se acepte o no la tesis de que los aspectos en común entre los naturalistas, los geólogos y los científicos políticos se derivaron del compromiso compartido de entender el papel de la historia como un agente causal del cambio, el hecho es que las transferencias heurísticas se realizaban entre la economía política, la geología y la historia natural. Esta transferencia se aceleró debido al hecho de que estas comunidades tenían membresías que se intersectaban.[238] Por ejemplo, Babbage, Poulet Scrope y Whewell eran influyentes y activos en ambas comunidades. Lyell era buen amigo de Nassau Senior. John Herschel frecuentemente visitaba el East India College en Haileybury y era buen amigo de Richard Jones. Debe añadirse que eran individuos muy capaces, la mayoría había pasado por la Universidad de Cambridge y había obtenido el grado más alto en matemática o grados honoríficos basados en exámenes matemáticos muy difíciles, ya que era más fácil ser polifacético en la primera mitad del siglo xix que en la actualidad.

El discurso introductorio que Richard Jones pronunció el 27 de febrero de 1833, al convertirse en profesor de Economía Política en King's College, Londres,[239] nos proporciona una visión particularmente reveladora de la relación entre estas disciplinas. Según Jones, el objeto de estudio de la economía política es la riqueza de las naciones. Para entender la dinámica de la producción y la distribución de la riqueza:

> debemos estudiar la economía de las naciones en la historia pasada y presente de la totalidad del mundo; y para conducir ese estudio con eficiencia debemos familiarizarnos completamente con "la estructura económica de las naciones"[...] por lo cual entiendo las relaciones que se establecen entre las diferentes clases, en primera instancia por la institución de la propiedad de la tierra, y por la distribución de la producción excedente; luego modificada y cambiada (en menor o mayor grado) por la introducción de

236 Rudwick, "Charles Lyell's Dream of Statistical Paleontology", pp. 225-244.

237 En su disertación doctoral en el Imperial College (1978), Janet Browne investigó la fitogeografía a principios del siglo xix.

238 No he comparado la membresía del Club de Economía Política y la de la Sociedad Geológica. Véase la publicación del centenario del Club de Economía Política: *Political Economy Club Founded in London 1821, Minutes of Proceedings, 1899-1920: Roll of Members and Questions Discussed, 1821-1920, with Documents Bearing on the History of the Club*, 6 vols., Londres, MacMillan, 1900; M. J. Rudwick, "The Foundation of the Geological Society of London, Its Scheme for Cooperative Research and Its Struggle for Independence", *Brit. J. Hist. Sci., I* (1963):325-355; y J. B. Morrell, "London Institution and Lyell's Career, 1820-1841", *Brit. J. Hist. Sci., 9* (1976):132-146.

239 *Literary Remains Consisting of Lectures and Tracts on Political Economy of the Late Rev.,* Richard Jones, William Whewell (ed.), Londres, John Murray, 1859, pp. 537-539; reimpreso en 1964 por August M. Kelley, Nueva York.

capitalistas, como agentes de la producción e intercambio de la riqueza, y en la alimentación y empleo de la población trabajadora.

Jones procura enfatizar que sólo un conocimiento muy exacto de la "estructura económica de las naciones" puede:

> darnos la clave de la suerte pasada de diferentes pueblos de la tierra, al mostrarnos su anatomía económica y en consecuencia, las fuentes más profundas de su fuerza, los elementos de sus instituciones y las causas de sus hábitos y carácter. Es cierto que debemos conocer las circunstancias que los dividen en clases, las que establecen o cambian los lazos que conectan a estas clases y el valor e influencia de cada una de ellas, como partes componentes de un estado o agentes en la producción de su riqueza.

No debe sorprender que los fundamentos metodológicos sobre los que Jones quiso establecer la ciencia de la economía política tengan mucho en común con los que el joven Charles Darwin se había de comprometer cuando planteaba metas similares para la biología evolutiva, en el periodo de 1837 a 1839. Ambos eran producto de Cambridge, ambos estaban profundamente marcados por el *Discurso preliminar*[240] de Herschel, ambos trataron de entender su universo en términos de sus partes constituyentes, y ambos concibieron esas partes constituyentes como estructuras cambiantes con una historia. Ambos reconocieron que cualquier sistema complejo tiene una historia y que esa historia condiciona su desarrollo. Ambos trataban de encontrar leyes generales, pero basaron sus investigaciones en observaciones empíricas. Pues, tal como Jones apuntó, "si no nos tomamos ese trabajo, si somos filósofos de armario, y echamos una mirada a través de nuestra pequeña ventana, construiremos un mundo propio según el patrón de lo que en esas condiciones vemos. Sin importar lo ingeniosos o inteligentes que seamos, corremos el riesgo enorme de estar tristemente equivocados y de permanecer extremadamente ignorantes". Jones continúa:

> Sin embargo, suponiendo que decidimos conocer tanto como podamos del mundo como ha sido, y como es, antes de establecer leyes generales sobre los hábitos económicos y la fortuna de la humanidad o de las clases de hombres, están abiertas para nosotros dos fuentes de conocimiento: la historia y la estadística, la historia del pasado y un conocimiento detallado de la condición presente de las naciones de la Tierra. A partir sólo de esto, el maestro de economía puede extraer la información y el conocimiento que es su deber organizar, para poder presentarlos al estudiante. Cada fuente tiene sus defectos, y cada una sus poderes especiales para dar una luz que en vano se buscaría en otra fuente. Al observar la larga serie de hechos registrados por la historia, detectamos los efectos

[240] J. Herschel, *Preliminary Discourse on Natural Philosophy*, Londres, Lardner's Cabinet, 1831.

> inmediatos y remotos de las estructuras económicas que estamos analizando. Pero la historia ha perdido de sus páginas, o tal vez nunca registró, mucha de la información que ahora más apreciamos. En el caso de muchos tipos de hechos necesarios para ilustrar principios cuya importancia conocemos hasta ahora, podríamos recorrer sus páginas en vano. Pero este defecto no existe siempre que así lo pensamos... Los trabajos de Niebuhr, Savigny, Herder y Muller han comprobado que hay mucha información muy importante para nuestro trabajo en los registros históricos que se ha borrado de la mente de los hombres y debe ser recobrada laboriosamente del escondite de la literatura olvidada[...].
>
> La estadística, a diferencia de la historia, presenta todos los hechos esenciales para nuestro razonamiento con detalle y abundancia inagotables, pero nos deja especular sobre las causas y conjeturar sobre los efectos. No es agradable reflexionar sobre lo poco que se ha hecho en Inglaterra para sistematizar las investigaciones estadísticas, o para preservar y difundir la información que la estadística puede darnos. En este aspecto como en muchos otros, los cultivadores de la ciencia física han dado un ejemplo útil y brillante. Difícilmente hay un departamento de su provincia que no tenga la ventaja de ser indagado por sociedades de hombres motivados por un objetivo común, y por colectar y registrar hechos bajo la guía de posiciones filosóficas. Podemos esperar con seguridad que la humanidad y sus problemas pronto atraerán el interés suficiente para recibir atención similar; y que una sociedad de estadística se añadirá a las que están haciendo avanzar el conocimiento científico en Inglaterra.

Adviértanse las metáforas y el lenguaje que Jones usó. Insistía en la necesidad de estudiar la *anatomía comparada* de las "estructuras económicas" que se encuentran en diferentes sociedades en diferentes etapas de su desarrollo, esto es, el estudio de la evolución de estos elementos estructurales, aunque quizá "la historia nunca registró mucha de la información que hoy podría ser más valiosa para nosotros". Los huecos en el registro paleontológico vienen inmediatamente a la mente. Jones enfatizaba una y otra vez que principalmente estaba interesado en la *dinámica* de los cambios económicos, en como alteraban estos cambios la administración y la productividad del trabajo y en cómo éstos a su vez producían "un cambio en los lazos que conectan las diferentes clases de la sociedad":

> Los lazos que inicialmente unían a la comunidad se gastan y se desintegran. Otros lazos, otros principios de cohesión conectan a sus diferentes clases. Nacen relaciones económicas nuevas, elementos políticos frescos y potentes se incorporan en el sistema nacional. Seguir la introducción gradual y los efectos de éstos es una de las tareas importantes de la economía política, al descubrir las causas que regulan la producción o la distribución de los ingresos de los diferentes pueblos de la Tierra.

Pero advierte: "El avance hacia una clase de sociedad como la nuestra, donde puede ser percibido, es en muchos casos extremadamente lento mientras que algunas [sociedades] son estacionarias, y otras cambian sus elementos económicos a través de gradaciones tan pequeñas que pasaría mucho tiempo antes de que fuera notable algún cambio importante". La economía política de Jones puede considerarse como una trascripción del programa de investigación geológica de Lyell, incluyendo su filosofía política y su metafísica subyacentes:

> Si queremos que tengan algún carácter práctico, nuestras preguntas y razonamientos sobre el progreso y las condiciones futuras de las comunidades humanas deben limitarse al avance y fortuna de las naciones a lo largo de periodos similares a los que la historia y nuestro conocimiento de la naturaleza humana nos enseñan que es probable que limiten la duración de los imperios, de los pueblos, de los grados de civilización. Durante un periodo así no creo que haya gran oportunidad de que el mundo en su totalidad sea algo diferente de lo que ha sido y es.

Las sugerencias metodológicas de Jones para el establecimiento de los fundamentos de la economía política se aplican igualmente bien a cualquier ciencia evolutiva y a la geología e historia natural en particular.

Resulta interesante que quizá Jones pronunció esencialmente el mismo discurso en el trigésimo aniversario de la Sociedad Geológica en 1838, haciendo todavía más explícito el terreno común entre las diferentes ciencias evolutivas. En una carta a su suegro, Leonard Horner, Lyell resume sucintamente esa reunión, a la que caracterizó como:

> No tan concurrida como era usualmente, y la mayoría de los miembros del Parlamento estuvieron ausentes por el asunto de la ley sobre los irlandeses pobres. Aun así, fue una grandiosa exhibición de talento. Whewell en la silla presidencial, Sedwick, Buckland, sir P. Egerton, Darwin, Owen (quien está muy complacido de recibir la medalla Wollaston), Fotton, Greenough, Hallan, Milna, Murchison, Lord Burlington, el Prof. Jones, Lubbock, Clift, Hamilton[...].

Lyell agrega que "Jones pronunció un discurso en verdad elocuente sobre la similitud de los enfoques de las dos ciencias nuevas, diferentes como son en sus temas, geología y economía política".[241]

La presencia de Darwin en la audiencia es de interés, pero es aún más notable que Richard Jones fuera llamado a pronunciar el discurso en esa ocasión. Es sorprendente que el heredero del puesto de Malthus en el East India College, y por lo tanto el economista político más respetado en Inglaterra, hablara formalmente ante la Sociedad Geológica en su trigésimo aniversario sobre las "similitudes de los enfoques de las dos ciencias".

[241] *Life of Lyell*, II, pp. 37-39.

En su discurso inaugural en 1838 en Londres, Jones fue sensible a la dimensión política de su posición, e indicó que "algunas personas tal vez pueden asustarse y ofenderse por la relación que señalo entre la economía política y los elementos políticos de los que están formados los gobiernos, y por los que deben ser mantenidos". Al haber argumentado que "las relaciones e influencias mutuas de órdenes diferentes de hombres [están] determinadas por modos distintos de producción y distribución de la riqueza pública", y que la economía política es el estudio "que muestra las leyes que regulan la distribución y producción de riqueza", Jones continuó diciendo que "nuestro asunto [economía política] es puesto así en contacto inmediato con la filosofía de la legislación". Pero Jones creía que "la línea que los separa es suficientemente obvia", sin importar qué convicciones políticas tengan los economistas políticos como individuos, como economistas políticos no decidieron, y "ni siquiera discutieron los méritos de constituciones o formas de gobierno particulares consideradas abstractamente". Como economistas políticos:

> No es de nuestra incumbencia alabar o culpar esta o aquella forma de gobierno... sino mostrar en qué casos el establecimiento de cada una es o no posible; por qué las instituciones y las leyes que perduran y florecen en un determinado estado de conformación económica se marchitan y desaparecen cuando se trasplantan a donde la sociedad no presenta las condiciones para darles vida y sostén. Entonces, nuestra materia es la ciencia madre sobre la cual, en gran medida, descansa la filosofía de la legislación constitucional.

Pero aunque la línea que separa la política de la ciencia política era clara para Jones, no era tan evidente para los lectores de la *Edinburgh Review,* la *Quarterly Review* y la *Westminster Review,* en donde se debatían los grandes temas de la teoría económica y la política económica durante la primera mitad del siglo XIX.[242] Los artículos sobre economía política en la *Edinburgh Review* eran de una tendencia liberal fuerte, los de la *Quarterly Review* eran de una tendencia conservadora abierta y la *Westminster Review* había sido fundada en 1824 por Jeremy Bentham y James Mill con el propósito expreso de impulsar el utilitarismo. La filosofía económica, política y social se entremezclaba libremente en estos artículos, y en las revistas victorianas influyentes la economía política realmente se politizó.

Sugiero que fue el reconocimiento de este hecho el que hizo a Darwin atribuir el concepto de división fisiológica del trabajo a Milne-Edwards, el zoólogo, en vez de

[242] Véase Frank W. Fetter, "Economic Controversy in the British Review, 1802-2850", *Economics, 0* [sic] (1965):424-437; John Leonard Clive, *Scotch Reviewers: The Edinburgh Review, 1802-1815*, Londres, Faber and Faber, 1957; W. Graham, *English Literary Periodicals*, Nueva York, Thomas Nelson, 1930; y Michel Wolff, "Victorian Reviewers and Cultural Responsability", en P. Appleton, W. A. Madden y M. Wolff (eds.), *Eighteen Fifty-Nine: Entering and Age of Crisis*, Bloomington, Indiana University Press, 1959, pp. 269-289.

atribuirlo a Adam Smith, el economista político.[243] Una respuesta parcial a la pregunta, "entonces, ¿por qué estuvo dispuesto Darwin a mencionar explícitamente a Malthus en *El origen*…?", es que él consideraba las leyes malthusianas como principios basados en fundamentos biológicos. En contraste, la división del trabajo y más particularmente los principios de optimización eran conceptos asociados con el utilitarismo, y el utilitarismo tenía un claro contenido político.

En Francia, Milne-Edwards se sintió completamente libre para dar crédito de esa idea a los economistas políticos, en particular a Jean-Baptiste Say.[244] La declaración de Say de que la ciencia política y la política son ciencias separadas es tan firme como la de sus colegas ingleses. Las frases introductorias de su famoso tratado son: "Se ha confundido por mucho tiempo la política, la ciencia de la organización de las sociedades, con la economía política, que explica cómo son producidos, distribuidos y consumidos los bienes que satisfacen las necesidades de las sociedades. Sin embargo, la riqueza es esencialmente independiente de la organización política. En todas las formas de gobierno un Estado puede prosperar si se administra debidamente".[245] Una diferencia esencial entre Francia e Inglaterra es la escasez de revistas en las que se pudiera debatir públicamente en Francia las cuestiones económicas, y el hecho de que ahí el utilitarismo no estaba asociado a una tendencia política.[246] Por sus centros cien-

[243] Incidentalmente, G. H. Lewes y Herbert Spencer también quedaron impactados por el concepto de Milne-Edwards de división fisiológica del trabajo. En su *Autobiography*, Spencer escribió: "Lewes trajo consigo un volumen de Milne-Edwards, y en él encontré por primera vez la expresión 'la división fisiológica del trabajo'. Aunque el concepto no era nuevo para mí, como se muestra en el final de *Estadística social*, el modo de formularlo sí lo era, y desde entonces la frase jugó un papel en el curso de mi pensamiento"; *Herbert Spencer, An Autobiography*, 2 vols., Nueva York, Appleton, 1904, I, pp. 436-437. Véase también J. A. Thomson, Herbert Spencer, Nueva York, E. P. Dutton, 1906, p. 30. En sus *Sea Side Studies,* Edimburgo, Blackwood, 1890, p. 408, G. H. Lewes señaló que el concepto se puede encontrar en Goethe, Zur Morphologie (1807): "El naturalista francés [Milne-Edwards] tiene el mérito de aplicar e ilustrar abundantemente la ley". Para una discusión informativa e inspirada de los antecedentes de la teoría evolutiva de Spencer, véase J. D. Peel, *Herbert Spencer: The Evolution of a Sociologist*, Nueva York, Basic Books, 1971.

[244] J. B. Say, a su vez, fue influido por A. P. De Candolle. Véase de este último *Mémoires et souvenirs de A. P. De Candolle*, Ginebra, París, J. Cherbuliez, 1862. Véase también J. E. E. D. A. Acton, *Historical Essays and Studies*, J. N. Figgis y R. y. Laurence (eds.), Freeport, Nueva York, Books for Library Presses, 1967.

[245] J. B. Say, *Traité d'économie politique ou simple exposition de la manière dont se forment, se distribuent et se consomment les richesses*, 5a. ed., París, Rapilly, 1826. La cuarta edición fue traducida por C. R. Princep y apareció como J. B. Say, *A Treatise on Political Economy*, Filadelfia, Claxton, Remsen y Haffelfinger, 1880; fue reimpreso por Augustus M. Kelley (Nueva York, 1964). El prefacio es de interés particular, porque en él Say discute sus puntos de vista sobre historia y estadística. El constraste entre su posición como francés y la posición de los ingleses es notorio. Para otro indicio de qué tan ampliamente estaban combinadas la historia y la estadística en el "Círculo de Cambridge", véase A. Sedwick, *A Discourse on the Studies of the University*, Cambridge, 1830, p. 74.

[246] Excepto los artículos de Sismondi y Say, principalmente en la *Revue Encyclopédique*, sólo la

tíficos menos especializados, sus sociedades científicas más abiertas, sus pensadores polifacéticos, su gran público letrado que sostenía tanto un sistema de revistas victorianas como una empresa popular de publicación de libros, Inglaterra tuvo un florecimiento de sus actividades científicas diferente al de Francia durante la primera mitad del siglo xix. El gran éxito del desarrollo industrial y económico general de Inglaterra durante el mismo periodo en que los economistas políticos más importantes atribuían que el país se guiaba por la filosofía política del individualismo, reforzó el compromiso inglés con una posición individualista y "atomística" en otros campos.[247]

He regresado a la pregunta con la que comencé: ¿hasta qué punto es inglesa la biología evolutiva de Darwin en su concepción y ejecución? Mi investigación del desarrollo por Darwin del principio de divergencia de los caracteres ha tocado algunos aspectos del problema, pero antes de que pueda darse una respuesta completa tendrán que realizarse otros estudios de biología evolutiva en Francia, Inglaterra y Alemania. Trabajos futuros como éstos tendrán que tomar en cuenta los aspectos institucionales del desarrollo de la ciencia en esos países, el impacto de la posición filosófica, y especialmente el efecto de sus posiciones diferentes respecto del historicismo.[248]

CONCLUSIÓN

Pueden identificarse varias etapas en el esfuerzo de Darwin por formular el concepto de selección natural. La primera etapa corresponde, aproximadamente, al periodo que termina en 1844. Estuvo caracterizada por el intento de Darwin de basar su modelo de especiación geográfica en una dinámica individualista en que las especies son entendidas como poblaciones aisladas reproductivamente. Hacia el final de este periodo, la ignorancia de Darwin de las leyes de la variación y la herencia lo llevó a adoptar a las variedades y a las especies como las unidades de variación. Esto tuvo el efecto extremadamente importante de estimularlo a considerar que el proceso de especiación involucra poblaciones. Al final de este periodo, Darwin comenzó también a considerar la adaptación como un proceso dirigido exclusivamente a ocupar lugares en la economía de la naturaleza. Así enfrentó el problema de integrar el proceso de selección natural con el proceso de especiación. Las variantes individuales eran las unidades que alimentaban el primer proceso, mientras que las variedades producían nuevas especies. No había rela-

Revue Universelle de Ginebra contenía artículos en francés comparables a los encontrados en los periódicos victorianos. Véase Thomas Sowell, *Say's Law: A Historical Análisis*, Princeton, Princeton University Press, 1972, quien hace una crónica del debate sobre la ley de Say en los periódicos ingleses y franceses.

247 J. B. Morrell, "Individualism and the Structure of British Science", *Hist. Stud. Phys. Sci., 3* (1971):89-204.

248 M. J. Rudwick, "Historical Analogies in the Geological Work of Charles Lyell", *Janus, 66* (1977):89-107.

ción entre la adaptación y la especiación, excepto la que pudiera ser establecida a través de una idea de desarrollo cuasihistórica de optimización de la cantidad de vida.

Pienso que en la segunda etapa, la lectura de Milne-Edwards hizo que las ideas previas de Darwin cristalizaran en un todo coherente. Los comentarios de Milne-Edwards sobre la ventaja de la adaptación funcional podían ser entendidos fácilmente en términos de la ventaja resultante para el *individuo,* en relación con los otros miembros de su especie, al ocupar un nicho diferente. La discusión de Milne-Edwards sobre la división del trabajo sugería que los organismos que se cambian a nichos desocupados disfrutarán de menos competencia, y tendrán así una ventaja diferencial en la sobrevivencia y la reproducción, con lo cual inducirían a la especie a hacer lo mismo. Más que basar su explicación en una analogía con la economía artificial, Darwin escogió el principio de optimización de la cantidad de vida por unidad de área como el principio explicativo general. Así esquivó las dificultades relacionadas con la integración de diferentes niveles de descripción, al menos en lo que se refiere al problema de la diversidad y la especiación. Aunque la selección natural consideraba a los individuos como la unidad de selección, y las unidades de variación eran las variedades y las especies, la dinámica del proceso, entendida en términos de selección natural, competencia, división del trabajo y nichos, podía dar una explicación plausible de cómo la ventaja individual podía ser amplificada a la especie y de cómo la diversidad era un resultado de este mecanismo. El problema de los diferentes niveles de descripción radicaba en cómo las propiedades de las variaciones de los individuos (en particular la frecuencia de las variaciones y su transmisión) eran responsables de la supuesta variabilidad característica de las variedades y las especies. Darwin nunca resolvió este problema.

La tercera etapa comenzó en 1858, al amalgamar la visualización del árbol de la vida con el proceso de especiación. Así, la especiación, la distribución geográfica y la sistemática fueron incluidas a la vez en una matriz conceptual con vastos poderes explicativos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a Camille Limoges y Ernst Mayr. Sus escritos y mis discusiones con ellos fueron la principal fuente de inspiración para este artículo. John Hodge y Michel Ghiselin me beneficiaron generosamente con sus vastos conocimientos de biología, de Darwin y de la historia de la biología. También obtuve provecho de discusiones con y sugerencias de John Beatty, Ralph Colp, Steve Gould, David Kohn, Dov Ospovat, Diane Paul y Martin Rudwick. Mi agradecimiento para todos ellos. Las discusiones con Janet Browne, quien ha trabajado por su cuenta en la génesis darwiniana del concepto de divergencia de los caracteres, fueron una especial ayuda y estímulo.

Estoy en deuda con ella por esas discusiones y por sus comentarios críticos de la primera versión de este artículo. Los útiles comentarios y sugerencias del árbitro de esta revista han sido incorporados a la versión final de este artículo. Este trabajo fue iniciado cuando yo era investigador asociado en el Departamento de Historia de la Ciencia de la Universidad de Harvard. Agradezco la hospitalidad que me brindaron los miembros del departamento y sobre todo el impulso y la ayuda de Erwin Hiebert.

Es un placer agradecer nuevamente a Peter Gautrey por su ayuda al proporcionarme los materiales de Darwin de la Biblioteca de la Universidad de Cambridge y por guiarme a las fuentes útiles. Agradezco a los síndicos de la Biblioteca de la Universidad de Cambridge y a los bibliotecarios de la Biblioteca Houghton y del Museo de Zoología Comparada de Harvard por el permiso para citar los materiales de sus archivos. Finalmente, reconozco con agradecimiento el apoyo económico del American Council of Learned Societies.

CAPÍTULO 18

EL CONCEPTO DARWINIANO DE ESCASEZ: LA EXTENSIÓN DE LA IDEOLOGÍA CAPITALISTA AL MUNDO VIVO*

Julio Muñoz

INTRODUCCIÓN

El concepto de escasez ha pasado por cambios que han correspondido a los contextos históricos específicos en los que se ha desarrollado. En el mundo occidental, más específicamente en la cultura judeo-cristiana, la condena a la existencia del ser humano en medios de escasez es algo que está planteado desde el mismo *Génesis*. Adán y Eva viven en un principio en un medio de abundancia, donde no tienen necesidad de esforzarse para alcanzar lo que necesitan para vivir bien. Es a resultas de sus pecados que son lanzados fuera del paraíso, lo cual quiere decir, a un medio en el que les debe costar un esfuerzo grande hacerse de sus medios de subsistencia. Dios ha condenado a los seres humanos al esfuerzo diario para enfrentarse a lo que en adelante será una continua lucha contra la escasez.

Durante la Edad Media la idea de escasez hacía alusión a la insuficiencia de abastecimiento y a partir del siglo XV se entiende como una insuficiencia de cualquier medio que pudiera cubrir alguna necesidad, conservando su característica temporal.[1]

En general, las teorías sobre la escasez que se elaboraron desde esos tiempos ponían el problema del crecimiento de la población como la explicación fundamental. Estas tesis demográficas si bien habían hecho su aparición desde el siglo V[2] comenzaron a tener un auge mayor a partir del siglo XVI. Fue entonces cuando Giovanni Botero admitió que una tendencia al aumento de la población sería benéfica para la sociedad, pero advirtiendo simultáneamente sobre el peligro que acarrearía su crecimiento desmedido, y aseverando que el perfeccionamiento en los métodos de cultivo sería el mecanismo utilizado para aliviar la presión de la población sobre los medios de subsistencia,

* El presente trabajo es una transcripción del capítulo IV del libro, *Una crítica al concepto capitalista de escasez y de sus principios científico-ideológicos (T. Malthus, D. Hume, A. Smith y C. Darwin)*, México, CEIICH, UNAM, 2005. La única alteración al texto original está en el último párrafo de la introducción, en el que se han omitido los nombres de Thomas Malthus, Adam Smith y David Hume y se modificó ligeramente la redacción para hacerla acorde con los primeros párrafos de la primera parte.

[1] Xenos, M. (1989), *Scarcity and Modernity*, Londres, Routledge, p. 3.

[2] Glacken, C. J., *Traces on the Rhodian Shore*, Berkeley, University of California Press, pp. 259-260.

paliando así la situación de escasez.[3] Sin embargo, a partir del siglo siguiente, Walter Raleigh, Francis Bacon y Matthew Hale señalaron que la población no puede crecer más a causa de las guerras y pestes que recurrentemente acaban con una parte de los habitantes. En 1662 John Graunt determinó la existencia de índices de mortalidad mayores en las zonas urbanas con respecto a las rurales, explicando este fenómeno como regulador del crecimiento poblacional.[4]

Con la llegada del siglo XVIII se incrementaron las opiniones acerca de la sobrepoblación y la escasez. En 1751 Benjamín Franklin señaló que en la sociedad como en la naturaleza no hay obstáculos para la reproducción de plantas y animales, excepto los provenientes del hacinamiento. En los humanos, explica, la reproducción es directamente proporcional al número de casamientos, los cuales aumentan en tiempos de auge económico y se reducen en tiempos de crisis.[5] James Stewart dejó sentado en 1767 que los animales tienen una tendencia natural a multiplicarse, y no habiendo en apariencia ningún privilegio de algunos individuos sobre otros para sobrevivir, la única forma en que se podía explicar el que no aumentasen desmedidamente era la eliminación de muchos de ellos por causa de la escasez de alimentos.[6]

Un poco antes, en 1752, David Hume, al elaborar una de las tesis más importantes sobre la escasez, sostuvo que en la humanidad existe un poder y un deseo innatos de generación al que se enfrentan restricciones como las plagas. La diferencia de climas y vegetaciones juega un papel importante en la distribución de la gente, pero si éstas no existiesen, los lugares de mayor proliferación serían aquellos con instituciones más eficaces y sabias.[7] Señaló también que el deseo de poseer e incrementar las riquezas es también innato en el ser humano y que, por lo tanto, impulsa a los individuos a consumir constantemente los nuevos artículos que se producen.[8] En 1753 Robert Wallace estableció, de acuerdo con una idea de escasez permanente y generalizada, que existen restricciones al crecimiento de la población, las cuales podrían ser físicas y/o morales. Entre las primeras se encuentran plagas, hambrunas, terremotos e inclemencias climáticas, y entre las segundas vicios, pasiones, guerras, pobreza, corrupción, lujuria y amores irregulares. Según él, un gobierno perfecto no podría perpetuarse porque produciría tal cantidad de habitantes que la nación se sobresaturaría hasta colapsarse a causa de la escasez de satisfactores, con lo cual la anarquía y el caos reinarían.[9] A fines del

[3] Overbeek, J. (1984), *Historia de las teorías demográficas*, México, Fondo de Cultura Económica, pp. 49-51.
[4] Smith, K. (1951), *The Malthusian Controversy*, Londres, Routledge and Kegan Paul, pp. 10-14.
[5] *Ibid,* p. 17.
[6] Stewart, J. (1966), *An Inquiry into the Principles of Political Economy*, 2 vols., Oliver y Boyd, vol. I, p. 32. Citado en James, P. Population Malthus, (1979), Londres: Routledege and Kegan Paul, pp. 104-106.
[7] Smith, K., *op. cit.*, p.18.
[8] Hume, D. (1992) [1739], *A Treatise on Human Nature*, Oxford, Clarendon Press.
[9] *Ibid*, p. 19.

siglo XVIII Arthur Young repudió la identificación de crecimiento poblacional con progreso y prosperidad,[10] y en 1791 Joseph Townsend explicó que la raza humana en un inicio puede aumentar su población hasta llegar a un límite a partir del cual diversos factores se combinarían para regularla. Las causas que actuarían en ese sentido serían: las enfermedades, la emigración, la guerra y los deseos de alimento y de posesión de tierra y habitaciones.[11]

Aunque autores como William Petty en el siglo XVII y John Howlett, Johann Süssmich y William Paley en el XVIII, al ocuparse del tema del crecimiento poblacional se pronunciaron a favor de éste, todos ellos estaban lo suficientemente claros sobre el problema de la escasez que concordaban en que sería imposible que la población creciera continua e indefinidamente sin causar problemas de alguna gravedad.[12,13]

Sin embargo, durante esas épocas, estos autores no lograron ofrecer una explicación más amplia, profunda y coherente sobre la escasez. Es en Inglaterra, a inicios del siglo XIX, con el naciente capitalismo moderno, caracterizado por la gran expansión comercial y la Revolución Industrial donde la primera teoría sistemática de la escasez fue desarrollada.[14] Fue el economista Thomas Robert Malthus el que la elaboró. Y la influencia que tuvo sobre el conjunto de las ciencias sociales primero y después sobre las ciencias biológicas, gracias a la adopción de su modelo por parte de Charles Darwin, la ha hecho una de las teorías paradigmáticas (en términos de T. S. Kuhn[15]) de los tiempos modernos. Su teoría deja de ser simplemente una teoría demográfica y se convierte en una teorización general sobre la escasez en el mundo entero.

En los momentos actuales, la recesión económica global y la crisis ecológica, junto con los conflictos bélicos y políticos que estas crisis están acarreando, nos presentan más que nunca un mundo en el que la escasez parece ser un elemento inevitable al que la humanidad debe enfrentarse sin remedio. Por ello se hace necesaria una reflexión sobre el carácter histórico e ideológico de las teorías sobre la escasez. En particular, es necesario reflexionar acerca de la manera como la interacción entre ciencias naturales y sociales ha contribuido a reforzar estas teorías para ofrecer una visión del mundo que, aunque pretenda expresar verdades y leyes universales e inalterables, en realidad resulta de un modelo construido para adaptar la vida humana y la realidad toda a las necesidades de un modo particular de producción: el capitalista.

En el presente trabajo analizo la manera como Charles Darwin se identificó con esta

[10] *Ibid*, p. 28.

[11] Townsend, J. (1791), *A Journey Throught Spain in the Years 1786 and 1787; with Particular Attention to the Agriculture, Manufactures, Commerce, Population, Taxes and Revenue*. Citado en James, P., *op. cit*., p. 108.

[12] Smith, K., *op. cit*., pp. 22-24.

[13] Para comprender los puntos de vista de muchos de los precursores de Malthus, consultar también Glacken, C. J., *op. cit*., pp. 398-406.

[14] Smith, K., *op. cit*, p. 8.

[15] Kuhn, T. S. (1970), *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica.

idea de escasez permanente y lo expresó en su teoría de la evolución de las especies.

DARWIN Y LA ESCASEZ MALTHUSIANA DE RECURSOS

Como se ha observado, la escasez, en las etapas de consolidación del capitalismo, es un concepto construido en consonancia con las necesidades propias de este sistema. Para mediados del siglo XIX esta idea se hallaba ya bastante dispersa y habría sido lo suficientemente aceptada como para que no cueste trabajo que aparezca en el ámbito de las ciencias naturales. El mejor ejemplo de la inserción de esta noción de escasez en las ciencias naturales es la teoría de Darwin.

Ya es ampliamente conocido que Darwin retomó la ley que Malthus expone en su *Ensayo sobre el principio de la población* (que la humanidad se ha desarrollado bajo el reino de la escasez), y lleva a cabo su interpretación de la dinámica evolutiva y demográfica, de las poblaciones naturales de todos los seres orgánicos, con una clara influencia de lo escrito por Malthus acerca de las poblaciones humanas.[16] Esta ley malthusiana de presión poblacional y escasez de recursos en la sociedad humana, legitima para Darwin y le permite pasar a la idea de una ley de lucha para todos los seres vivientes; una vez provisto de este mecanismo realiza una analogía entre el trabajo direccional realizado por los criadores en las variedades de animales domésticos y el proceso ilimitado que se realiza en la na-

[16] Al lector interesado en profundizar en la discusión sobre la influencia de Malthus sobre Darwin se le sugiere consultar: Bowler, P. J. (1976), Malthus, "Darwin and the Concept of Struggle", *Journal of the History of Ideas, 37*:631-650. Cowles, T. (1936), Malthus, Darwin and Bagehot: A Study in the Transference of a Concept, *Isis, 36* (2):340-348. Gale, B. G. (1972), "Darwin and the Concept of Struggle for Existence: A Study in the Extra Scientific Origins of Scientific Ideas", *Isis, 63*:321-344. Gordon, S. (1989), "Darwin and the Political Economy: The Connection Reconsidered", *Journal of the History of Biology, 22* (3):437-459. Herbert, S. (1971), "Darwin, Malthus and Selection", *Journal of the History of Biology, 4* (1):209-217. La Vergatta, A. (1985), "Images of Darwin: An Historiographical Overview", en Kohn, H. (ed), *The Darwinian Heritage*, Princeton, Princeton University Press, pp. 901-972. Manier, E. (1978), *The Young Darwin and his Cultural Circle,* Dordrecht, Reidel Publishing Company. Manier, E. (1980), "History, Philosophy and Sociology of Biology: A Family Romance", *Studies in History and Philosophy of Science, 11* (1):1-24. Muñoz-Rubio, J. (1999a), "On Darwinian Discourse, Part I: Political Economy Naturalized", *Science as Culture, 8* (1):47-74. Muñoz-Rubio, J. (1999b), "On Darwinian Discourse, Part II: Re-anthropologizing Nature, Naturalizing Competitive Man", *Science as Culture, 8* (2):171-187. Radick, G. (2003), "Is the Theory of Natural Selection Independent of its History?", en Hodge, J y G. Radick (eds), *The Cambridge Companion to Darwin*. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 143-167. Schwartz, J. S. (1974), Charles Darwin's Debt to Malthus and Edward Blyth, *Journal of the History of Biology, 7* (2):301-318.Vorzimer, P. J. (1969), "Darwin, Malthus and the Theory of Natural Selection", *Journal of the History of Ideas, 30*:527-542. Young, R. M. (1969), "Malthus and the Evolutionists; The Common Context of Biological and Social Theory", *Past and Present, 43*:109-145. Young, R. M. (1971a), "Evolutionary Biology and Ideology: Then and Now", *Science Studies, 1*:177-206. Young, R. M. (1971b), "Darwin's Metaphor: Does Nature Select?", *The Monist,*

turaleza para la creación de nuevas especies. De esta forma el malthusianismo ha jugado un papel central en el debate en el cual las ideas sociales y biológicas fueron parte de un contexto común intelectual, como se ha señalado desde hace tiempo.[17]

Para Malthus existe una interrelación y dependencia entre distintos tipos de escasez. Pues bien, en el discurso de Darwin también es posible constatar una interrelación y dependencia de distintas formas de escasez en las relaciones naturales de los organismos. A grandes rasgos es posible distinguir tres grandes grupos o "modalidades" de escasez existentes en la naturaleza. La primera, que atraviesa el conjunto de la obra de Darwin, es la escasez clásica de alimentos, de espacio o de factores fisicoquímicos del ambiente, todas las cuales limitan y obstaculizan el crecimiento de la población; la segunda, común a todas las especies, especialmente animales, pero tratada con mayor precisión por Darwin en *El origen del hombre*, es la escasez de individuos talentosos, con inventiva y espíritu emprendedor y guerrero, capaces de desplazar a otros menos dotados de esas cualidades en la lucha por la existencia. La tercera y última escasez tratada por Darwin principalmente en *La selección en relación al sexo* es aquella de individuos, especialmente del sexo femenino, atractivos y saludables, por quienes los machos puedan competir a fin de mejorar la raza o la especie. Analicemos cada una de ellas.

Para Darwin el concepto de escasez de recursos alimentarios, de espacio o de factores fisicoquímicos del ambiente es un factor fundamental dentro de su teoría; en diversas ocasiones hace mención, explícita o implícita, a este principio. La influencia que ejerció Malthus sobre Darwin para que éste concibiera un mecanismo adecuando que explicara la evolución de las especies fue admitida por él mismo en su autobiografía:

> En octubre de 1838 [...] tuve la oportunidad de leer, para entretenerme, el ensayo de Malthus sobre la población y quedar bien preparado para apreciar la lucha por la existencia, de la cual puede uno percatarse en todas partes a partir de una prolongada observación de los hábitos de los animales y plantas, y súbitamente me di cuenta que bajo estas circunstancias las variaciones favorables tenderían a ser preservadas en tanto que las desfavorables tenderían a ser destruidas. El resultado de todo esto sería el de la formación de nuevas especies.[18]

Desde el inicio de *El origen de las especies*, trata el principio de población malthusiano, de que la población humana exhibe siempre

55:442-503. Young, R. M. (1973), *The Historiorgraphical and Ideological Context of the Nineteenth Century Debate on Man's Place in Nature*, en Teich, M. y R. M. Young (eds.), *Changing Perspectives in the History of Science*, Reidel Publishing Company, pp. 344-438. Young, R. M. (1985), *Darwin's Metaphor, Nature's Place in Victorian Culture*, Cambridge: Cambridge University Press. Young, R. M. (1999), "Malthus on Man. In Animals no Moral Restraint", *Science as Culture, 8* (2):189-208. Young, R. M. (2002), "The Meanings of Darwinism: Then and Now", *Science as Culture, 11* (1):93-114.

[17] Young, R. (1969).

[18] Darwin, C. (1958) [1876], *Autobiography*, Nueva York, Dover Publ. Inc., p. 42.

una tendencia a crecer por encima de los medios de subsistencia, pero extendiéndolo a todos los seres vivos.

> Se examinará la lucha por la existencia entre todos los seres orgánicos en todo el mundo, lo cual es consecuencia inevitable de la elevada razón geométrica de su aumento. Es esta la doctrina de Malthus aplicada al conjunto de los reinos animal y vegetal. Como de cada especie nacen muchos más individuos de los que pueden sobrevivir, y como, en consecuencia, hay una lucha por la vida, que se repite frecuentemente, se sigue que todo ser, al variar, por débilmente que sea, de algún modo provechoso para él bajo las complejas y a veces variables condiciones de vida, tendrá mayor posibilidad de sobrevivir y de ser así naturalmente seleccionado.[19]
>
> Todo ser que durante el curso natural de su vida produce varios huevos o semillas tiene que sufrir destrucción durante algún periodo de su vida, o durante alguna estación, de vez en cuando en algún año, pues de otro modo, según el principio de la progresión geométrica, su número sería pronto tan extraordinariamente grande que ningún país podría mantener su descendencia. De aquí que como nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, tiene que haber en cada caso una lucha por la existencia, ya entre individuos de una misma especie, con individuos de especies distintas o con las condiciones físicas de la vida. Esta es la doctrina de Malthus, aplicada con doble motivo al conjunto de los reinos animal y vegetal, pues en ese caso no puede haber ningún aumento artificial de alimentos ni ninguna limitación prudente por el matrimonio. Aunque algunas especies puedan en la actualidad estar aumentando numéricamente con más o menos rapidez, no pueden hacerlo todas, pues no cabrían en el mundo.[20]

Entonces, de acuerdo con lo anterior, la naturaleza actuará por mediación de la selección natural escogiendo, de las variaciones que constantemente tienen lugar en el medio natural, aquellas que resulten más adecuadas para el individuo que las adquiera y que por tanto faciliten su éxito en la lucha por la existencia. Pero como se desprende claramente de las citas anteriores, esta lucha estará ocurriendo y se explica debido a la escasez de alguno o de varios recursos que un individuo necesita para su supervivencia. De otro modo la lucha carecería de sentido. La aportación fundamental de Darwin estriba en postular que si los individuos son capaces de transmitir tal(es) variación(es) a su descendencia serán capaces de distribuirse más ampliamente en los territorios ocupados por los organismos con los cuales compite, desplazándolos después de un lapso más o menos largo e incluso, en ciertas situaciones extremas, pero que constantemente se presentan, provocando su extinción. Todo ello traerá consigo el cambio o evolución de su linaje. Es así como Darwin crea el concep-

[19] Darwin, C. (2000) [1859], *On the Origin of Species*, Cambridge, Mass, Harvard University, p. 5.

[20] *Ibid*, p. 63.

to de *selección natural*, y es sostenido con los argumentos esgrimidos por Malthus de que la presión o presiones demográficas, con su carga de escasez, serán el resorte que disparará todo el proceso.

Sería demasiado largo y tedioso hacer una mención *in extenso* del conjunto de menciones implícitas o explícitas en que Darwin se refiere a Malthus y por lo tanto a su teoría de la escasez. Nos limitaremos a mencionar que, en contra de lo que el propio Darwin mencionó en su autobiografía en el sentido de haber leído a Malthus para entretenerse (en la fuente primaria del párrafo arriba citado se lee: *for amusement*), como si fuera una lectura casual que "súbitamente" le reveló el mecanismo de la evolución, podemos constatar que en su obra hay una reiterada mención a Malthus tampoco limitada a lo declarado en el *Origen de las especies* y los términos en que de él se expresa. En su correspondencia hay diversas alusiones a esto. En carta a A. R. Wallace del 6 de abril de 1859 cuenta que después de leer a Malthus vio enseguida como aplicar el principio de selección a las producciones domésticas,[21] y en carta del 8 de octubre de 1864 cuenta a Ernst Haeckel que la idea de selección natural se le vino a la mente al leer a Malthus.[22] En otras cartas la mención a Malthus es de lo más elogiosa, incluyendo frases como "el gran Malthus"[23] "la gran verdad malthusiana de la lucha por la existencia"[24] o "el gran filósofo Malthus".[25] Todo esto es un indicador del grado tan profundo en el que Malthus se sentía identificado con la tesis de la escasez permanente de recursos en todo el mundo natural.

Paralelamente se puede observar una constante preocupación de Darwin, a lo largo de toda su vida, por verificar las oscilaciones en las poblaciones humanas. Se trataba para él de tener a la mano datos recientes sobre la dinámica de crecimiento poblacional. Por ejemplo, encontramos correspondencia pidiendo y recibiendo datos y trabajos sobre tasas de mortalidad, de nacimiento, de matrimonios, de mortalidad infantil y otras tendencias poblacionales en algunas poblaciones humanas,[26] y como es

[21] Burkhardt F. y S. Smith (eds, 1994), *A Calendar of the Correspondence of Charles Darwin, 1821-1882*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 119 (en adelante esta obra aparecerá como ccc).

[22] *Ibid*, p. 212.

[23] Carta a Ernst Dieffenbach, 16 de diciembre de 1843, en Burkhardt F. y S. Smith (eds), *The Correspondence of Charles Darwin*, Cambridge, Cambridge University Press, vol. 2, p. 423 (en adelante aparecerá citada como CCD).

[24] Carta dirigida a Neil Arnott, 16 de febrero de 1860, CCD, vol. 8, p. 90.

[25] Carta a J. D. Hooker, 5 de junio de 1860, CCD, vol. 8, p. 239; Carta a Charles Lyell, 6 de junio de 1860, *Ibid*, p. 242.

[26] Entre éstas están: para Ernst Dieffenbach del 16 de diciembre de 1843 (CCD, vol. 2, p. 423); para Leonard Jenyns del 14 de febrero de 1845 (CCD, vol. 3, p. 142); de Charles Günzbourg del 20 de agosto de 1872 (ccc, p. 367); de Leonard Darwin de 1873 (ccc, p. 377), otra de fecha de marzo de 1873 (ccc, p. 380); otra para T. N. Staley del 13 de enero de 1874 (ccc, p. 398); para H. N. Bates del 6 de febrero de 1874 (ccc, p. 399); de T. N. Staley del 12 de febrero de 1874 (ccc, p. 400); de T. M. Coan del 14 de febrero de 1874 (ccc, p. 400) y de T. M. Coan del 25 de julio de 1879 (ccc, p. 524).

de esperar, también buscaba estas tendencias en otras poblaciones de animales, como pájaros, palomas, cerdos y faisanes.[27]

Otra forma más de seguir las discusiones mantenidas a lo largo del tiempo con la preocupación de dar a entender la base de su teoría y la de Malthus (la escasez) es el intercambio de cartas donde toca el concepto de "lucha por la existencia", para ambos es una consecuencia natural directa de la existencia de escasez en los recursos necesarios en la supervivencia de los hombres para Malthus y de los seres vivos para Darwin,[28]

Así, por un lado, la vida de un individuo no sólo estará supeditada a una de un organismo contra otros, de la misma u otra especie o contra las condiciones climáticas mismas, las cuales no son independientes de la lucha por la existencia,[29] debido a que siempre escasearán recursos de todo tipo, necesarios para poder mantener o soportar a las poblaciones de seres vivos siempre tendientes a crecer; además de ser necesario entender sus respectivas relaciones para entender el mundo vivo y sus respectivos equilibrios. Hay que recordar que si para Malthus existen dos tipos de obstáculos al crecimiento poblacional: positivos y preventivos (los primeros, característicos de las etapas iniciales de la historia y de las civilizaciones más atrasadas y los segundos propios de las civilizaciones más avanzadas), para Darwin sólo existen los obstáculos positivos, ya que en animales y plantas no existirán los elementos reflexivos y racionales y morales propios de los humanos que permitirían un autocontrol de la actividad reproductiva, provocando así un cierto relajamiento en la relación población-recursos.[30]

Malthus plantea la existencia de leyes universales y de origen divino entre los elementos que conducen a la escasez permanente. Estas leyes les dan sentido a todos esos elementos y permiten conservarlos en equilibrio para mantener un orden natural en la población, otorgándole así un peso importante a la "ley de la necesidad" para explicar el principio de población.[31] De manera similar, Darwin también plantea la existencia de leyes naturales y universales que explican los comportamientos poblacionales del conjunto del mundo vivo. Para él, entre las principales se encuentran la ley de crecimiento con reproducción y la ley del incremento poblacional más allá de los medios de subsistencia, que conduce a una lucha por la existencia.[32] Y al igual que Malthus, no trata de desarrollarlas, en vez

[27] En correspondencia a Leonard Jenyns del 12 de octubre de 1844 (CCD, vol. 3, p. 67) y del 25 de noviembre de 1844 (CCD, vol 3, p. 84); de Henry Holland del 24 de febrero de 1869 (CCC, p. 294) y de H. W. Weir del 23 de marzo de 1869 (CCC, p. 295).

[28] Sobre este tema se pueden ver las cartas de Edwar Blyth del 8 de octubre de 1855 (CCC, p. 89); para C. Lyell del 30 de octubre de 1859 (CCC, p. 121); para J. D. Hooke del 27 de octubre o 3 de noviembre de 1859 (CCC, p. 122); para W. Preyer del 29 de marzo de 1869 (CCC, p. 269); para John Morley del 24 de marzo de 1871 (CCC, p. 333); de M. T. Masters del 24 de enero de 1876 (CCC, p. 443), y para J. H. Gilbert del 5 de junio de 1881 (CCC, p. 553).

[29] Darwin, C., 1964, p. 68.

[30] *Ibid*, pp. 63-64.

[31] Malthus, T. R. (1977), p. 281.

[32] Darwin, C. (2000) [1859], pp. 489-490.

de ello sólo considera imprescindible reunir evidencias estadísticas que según él, muestren la existencia de los hechos que hacen coherente a la teoría para poder comprenderla, y ya que estas leyes se postulan con carácter universal y constante, su existencia no requiere explicación alguna. De esa forma, todo organismo que habite sobre la Tierra estará condenado a disfrutarla, en el caso de los pocos a los que se pueda calificar de "exitosos", o a padecerla, en el caso de la mayoría "menos apta". Por esa razón, se deriva que el tratar de modificar comportamientos de los organismos frente a la situación de escasez permanente es ir contra natura, lo cual es particularmente notable cuando se plantea modificar, por medios sociales, el comportamiento humano. Así, a pesar de que Darwin construye una teoría de la evolución, es decir, del cambio, expresa asimismo que esta teoría debe respetar las leyes incambiables del mundo físico, entre las cuales se encuentra la ley de Malthus del crecimiento exponencial de la población y el crecimiento aritmético de los recursos. Por ello no queda otra opción para los organismos que la de aceptar y someterse a esta organización natural, a este orden eterno e inalterable. Es mediante este razonamiento que Darwin, aceptando como válidas las premisas y las conclusiones de la teoría de la escasez permanente de recursos, naturaliza así actividades como la empresarial, el sometimiento de un grupo a otro o de una raza a otra.[33]

[33] Lewontin, R., S. Rose y L. Kamin (1987), *No está en los genes: racismo, genética e ideología,* Barcelona, Crítica, p. 294.

Recordemos que Darwin construye su teoría haciendo al menos dos analogías: una de las observaciones hechas sobre los criadores de animales domésticos y sus esfuerzos selectivos, y otra de la obra de Malthus que realiza observaciones de su realidad concreta y un posterior análisis del comportamiento poblacional humano. De esta forma podemos ver cómo Darwin revierte o regresa la analogía al tratar el tema del origen del hombre, ya que de lo que Malthus observó en el hombre, éste lo extiende al resto de los seres vivos y luego regresa de los seres vivos al hombre. De tal forma que para Darwin estas leyes regirán sobre todo lo vivo y nadie, sin excepción, es capaz de escapar de ellas, todos los vivos, los que estuvieron vivos y los que estarán vivos, están condenados a padecerlas.[34]

Ya en *El origen del hombre* la argumentación sobre la reversión de la analogía y el factor humano de la escasez está mucho más clara y extensamente desarrollada y podemos ver que, según Darwin, al igual que para los demás seres vivos, en el hombre también ha actuado la ley de la selección natural.[35] "Si no hubiese estado sometido a la selección natural, de seguro nunca se hubiera elevado al rango humano".[36]

Al extender el desarrollo poblacional malthusiano a todas las especies biológicas, Darwin universaliza la competencia entre organismos, concibiéndola como un carácter natural, consecuencia de la autorreproduc-

[34] Darwin, C. (2000) [1859], p. 64.
[35] Darwin, C. (1981) [1871], *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, vol. 1, parte I, p. 136.
[36] *Ibid*, p. 180.

ción automática y continua de los organismos u organismos-máquina, en un mundo caracterizado por la finitud (identificada como escasez) de recursos.[37] Traslada la idea de la competencia de la sociedad burguesa a la biología, estabilizándola como el medio por el cual las especies pueden alcanzar éxito cuando son seleccionadas y naturaliza de esta forma el individualismo.[38]

Desde luego, la teoría de Darwin, como la de Malthus, comparte con el conjunto de la filosofía burguesa la tesis de la prioridad ontológica del individuo frente a la sociedad, de la misma manera que en general la parte precede al todo en el mudo físico. En Darwin es el individuo y nadie más el que debe esforzarse por encontrar los medios de su propia subsistencia. De no hacerlo así perecerá en la lucha. Así, Darwin le da a su teoría un elemento moral que no se explica sin la existencia de la escasez. 1. Los males del mundo se deben no a las deficiencias en la organización de la comunidad, sino a leyes externas a los individuos e independientes de ellos; 2. El inexorable crecimiento de la población por encima de los medios de subsistencia es una de estas leyes, y como tal modulará el comportamiento moral de los individuos; 3. Este comportamiento moral en sí es algo también natural, externo e independiente a ellos; 4. La situación de escasez generada por el crecimiento poblacional sólo puede ser contrarrestada por cada individuo y pare él mismo, independientemente de los demás, y ello basado en las cualidades o características naturales que éste posee.

Esta visión individualista que Darwin extendió al conjunto del mundo vivo trae como consecuencia que la pobreza económica del hombre sea resultado de este comportamiento naturalmente determinado. De esta manera, Darwin estará apoyando, de forma implícita, la tesis malthusiana de que el mismo individuo es el causante de su propia miseria. Nadie pues, excepto el individuo mismo, puede hacer algo por evitarlo. Pero el esquema de Darwin añade una limitación más: si la naturaleza no ha dotado a un individuo en particular de las facultades para remediar sus males, nada podrán hacer por él otros individuos. Con esta lógica en mente, Darwin, al llegar a su análisis del ser humano, evadirá responsabilizar a la organización social de los males existentes.

Darwin plantea que los organismos más aptos tenderán a sobresalir en su población para asegurar un mayor número de descendientes. De esta manera, los individuos de la clase pobre o menesterosa, al haber fracasado en la lucha por la existencia y no haber logrado éxito, naturalmente están destinados a ser pobres, a padecer "las hambres periódicas, la vida errante [...], la abyección, el desarreglo de costumbres, y sobre todo el infanticidio y tal vez una disminución de fecundidad"[39] y cargar con las consecuencias que la pobreza acarrea. Darwin añade:

[37] Lewontin, R. *et al.*, *op. cit.*, p. 293, S. Rose (1987), *Molecules and Minds*, Milton Keynes, Open University Press, p. 51.

[38] Muñoz-Rubio, J. (1999), On Darwinian Discourse, parte I, Political Economy Naturalized, en *Science as Culture, 8* (1):47-74.

[39] Darwin, C. (1981) [1871], vol. I, parte I, p. 238.

La proporción más elevada de la mortalidad de los niños de las clases menesterosas es también muy importante, como lo es igualmente la mortalidad que reina en todas las edades y las diversas enfermedades que se producen en los inquilinos de habitaciones miserables y malsanas."[40]

Otro concepto importante que legitima la visión que Malthus y Darwin tenían sobre el mundo es la noción de propiedad privada. Para Malthus nace como consecuencia natural y necesaria de las leyes de la naturaleza que regulan las poblaciones humanas y los recursos necesarios para ellas. Para Darwin, esta noción surge en el individuo como una característica heredable en el comportamiento del organismo,[41] que en el escenario de un mundo de recursos finitos, ayudará a éste y a su descendencia a tener mayor éxito sobre los organismos que compiten en la lucha por la existencia. De esta manera, otra característica cuya importancia es fundamental, pero sólo en una época de la historia humana, es biologizada por Darwin.

ESCASEZ DE PRINCIPIOS MORALES EN EL SER HUMANO

Hasta el momento nos hemos referido a la manera como Darwin concibe la escasez de los medios de subsistencia y de las condiciones naturales o elementos físicos del lugar en el que habita el organismo como individuo. Ahora bien, el elemento psicológico es importante en la evolución de las especies. Darwin pone atención especial en él cuando habla de la evolución humana, y destaca que en ella influirán en mayor grado las artes que en el ser humano lleguen a cultivarse, como producto de su inteligencia humana. Darwin deja claro que las facultades intelectuales y morales del hombre son variables y heredables, y por tanto sujetos de la selección natural,[42] pero, como tantas otras características que resultan ventajosas en la lucha por la supervivencia, son poseídas por una parte de la comunidad que al menos inicialmente es minoritaria aunque puede aumentar en número:

Fácil es de ver que, en el estado más rudo de la sociedad primitiva, los individuos de mayor sagacidad, los que hubiesen inventado y llevasen mejores armas o lazos, y los que hubieran sido los más hábiles en defenderse, serían precisamente los que alcanzarían mayor descendencia. Las tribus compuestas de mayor número de individuos con semejantes dotes serían las que más se multiplicarían, las que en las guerras con las demás habrían siempre de salir vencedoras.[43]

Y añade:

Si un hombre que fuera miembro de una tribu y que fuera más sagaz que los demás inventase un nuevo lazo, arma o cualquier

[40] *Ibid*, p. 132.
[41] *Ibid*, p. 169.
[42] *Ibid,* pp. 159-160.
[43] *Ibid,* p. 159.

> otro medio de ataque o defensa; el más simple autointerés, sin necesidad de gran fuerza de raciocinio, impulsaría a los demás miembros de la tribu a imitarlo, lo cual sería beneficioso[…]. Si el nuevo invento fuese verdaderamente importante, la tribu aumentaría en número, desarrollo y dominio sobre las otras. Si tales hombres procrearan hijos que heredaran su superioridad mental, la probabilidad de dar a luz a algunos miembros aun más ingeniosos sería todavía mayor.[44]

De esta manera, "Las cualidades sociales y morales tenderían a avanzar lentamente y difundirse a través del mundo".[45]

Pero resulta ser que estos elementos o cualidades que hacen a un ser humano superior a otro también son escasos, es decir, pocos individuos dentro de una población los poseerán de manera que puedan jugar el papel de líderes. Estas características harán que estos sujetos tengan un mayor éxito dentro de la población, primero y después en contraste con otras poblaciones. El número de individuos dotados con esas cualidades es de esperarse que aumente, pero descenderá rápidamente en el transcurso de una guerra, volviendo a escasear:

> Aquel que estuviera listo para sacrificar su vida[...] antes que traicionar a sus compañeros, no dejaría progenie a quien heredar tan noble naturaleza. Los hombres más bravos, los que siempre desean ir al frente en la guerra, y que libremente arriesgan sus vidas por los demás, perecerían en mayores cantidades que otros hombres. Por ello parece poco probable que el número de hombres dotados con esas virtudes[...] pudiera incrementarse a través de la selección natural, o sea, por medio de la supervivencia del más apto.[46]

Pero si esto último es cierto, ¿cómo explicarse el progreso de la humanidad? Aquí parece haber una evidente contradicción en menos de cinco páginas, pues Darwin afirma primero que las cualidades morales y sociales tenderán a esparcirse por una población que tuviera individuos decididos, valientes y emprendedores, y luego señala la imposibilidad de que estos hombres lo hagan puesto que serían los primeros en perecer en la lucha. Sin embargo, Darwin resuelve esa aparente contradicción explicando que la existencia de individuos que no estén dispuestos a arriesgar la vida por un sentimiento instintivo, pero que fueran llevados a tales acciones por un sentimiento de gloria, producirían el mismo sentimiento en otros hombres, haciendo un bien mayor a su tribu que el que se daría por la producción de una progenie numerosa.[47] Redondea este punto cuando dice:

> No puede haber duda de que una tribu que incluyera muchos miembros poseedores de un alto grado de patriotismo, fidelidad, obediencia, coraje y simpatía, y que

[44] *Ibid,* p. 161.
[45] *Ibid*, p. 163.
[46] *Ibidem.*
[47] *Ibid*, p. 165.

> estuvieran siempre dispuestos a dar ayuda a los demás y a sacrificarse por el bien común, obtendrían la victoria por sobre otras tribus, lo cual sería selección natural.[48]

Por tanto, a la larga, por una u otra vía, los que no posean estas cualidades o sentimientos, o quienes los tengan menos acentuados, tenderán a desaparecer, trayendo un aumento de las poblaciones en donde se encuentren estos individuos mejor dotados. Por ello, la extinción de un gran número de culturas, grupos humanos, religiones e idiomas que no fueron capaces de responder o respondieron menos eficazmente a las presiones ambientales o de otras comunidades es un fenómeno prácticamente necesario en la historia de la Tierra, según Darwin. Son las razas humanas en donde aplicada la teoría de la evolución por selección natural encontramos que proyecta a la raza blanca como predestinada por las leyes naturales a habitar todos los territorios habitables por el hombre en el mundo entero, desplazando y desapareciendo a las otras razas que el llama inferiores o salvajes, ya que éstas o no poseen los atributos necesarios para poder superar las cualidades mejoradas del hombre blanco o bien los poseen en menor medida, es decir, son más escasos.[49]

Planteadas las cosas de esta manera resulta ser que las cualidades que hacen a unos individuos superiores a otros dentro de una tribu son en principio escasas, y aunque pueden dispersarse por varios medios en la población e implantarse por medio de la selección natural, la posibilidad de que ésta se enfrente a otra en la que los individuos estén mayormente dotados con estas cualidades, hará que las de la primera tribu se conviertan en escasas frente a las superiores de la segunda, la cual a su vez puede encontrarse con una tercera que le exceda en tales características y así sucesivamente. Pero en ninguno de los casos Darwin admite que las cualidades morales a las que se refiere puedan alcanzar a toda la comunidad o a su mayoría. Si así sucediera no se podría explicar que unos pocos individuos bien dotados dirigieran a los demás y los impulsaran a la lucha victoriosa contra las tribus enemigas, pues al menos en ese aspecto las características estarían homogéneamente distribuidas entre la población.

Lo que es contradictorio en este aspecto del modelo de Darwin es que no logra entenderse por qué, si lo que garantiza el éxito reproductivo de un determinado grupo es la existencia, dentro de él, de individuos con capacidad competitiva, iniciativa e inventiva, tales características no se hayan dispersado ampliamente en el conjunto de la población humana. Desde luego que Darwin se refiere a las primeras etapas de la historia humana, pero la constatación de lo que en la actualidad sucede plantea una dificultad para el modelo darwiniano. Después de miles de generaciones, las clases dominantes actuales, a quienes tanto gusta el socialdarwinismo y la aplicación al ser humano de la tesis de la "supervivencia del más apto", siguen presentando a la sociedad dividida en dos grandes grupos: uno minoritario integra-

[48] *Ibid*, p. 166.
[49] *Ibid*, p. 201.

do por unas cuantas personas consideradas como "líderes" y una mayoría, que no parece mostrar capacidades de liderazgo y a la que históricamente se le ha considerado inhabilitada para tomar en sus manos el destino de sus vidas y de sus comunidades. ¿Cuál es la razón de esto si teóricamente las características conductuales señaladas por Darwin (inventiva, sagacidad, valentía), de acuerdo con el mecanismo universal de la selección natural, no se diferencian de otro tipo de características y por lo tanto son heredables a cualquier futuro individuo? Una cosa es que para Darwin en principio esta diferenciación social en jerarquías sea natural y otra, inconsistente con este planteamiento, es que al ser heredables las características propias del líder o jefe y sobre todo favorables para la supervivencia sigan siendo escasas. De este modo se añade no sólo una inconsistencia lógica al razonamiento de Darwin, sino también un elemento ideológico.

Darwin así llega a naturalizar el liderazgo y de manera indirecta al Estado. *A priori*, parte de la base de que entre los humanos, como en todas las especies al menos las sociales, necesariamente tiene que existir y preservarse una estructura jerárquica. Darwin no ofrece elementos teóricos que justifiquen esta aserción, pero es un primer pilar de su teoría. Así pues, deben ser pocos los individuos que poseen las capacidades para dirigir a la sociedad o a parte de ella y ejercer el poder. Nada tiene de extraño, razonando de este modo, que se llegue a la naturalización de todas las estructuras e instituciones de administración y de control de la sociedad, las cuales encuentran su razón de ser, desde los tiempos de la revolución neolítica y la aparición de un sobreproducto social permanente, en la escasez existente, resultado de un relativamente pobre desarrollo de las fuerzas productivas materiales.[50] Esta escasez orilla a las comunidades a elaborar normas de reparto y distribución de la riqueza tratando de asegurar el bienestar de las clases o estratos dominantes, de manera que todas estas instituciones serán de inicio defensoras de las formas de convivencia propias de ese periodo. Pero también orilla, con ello, a la designación de todo un ejército de funcionarios permanentes encargados de vigilar el cumplimiento de todas esas normas y formas de convivencia. La mayor parte de la sociedad se ve, pues, sustraída a la tarea de administrar los bienes y tomar las decisiones que sean necesarias. Tal capacidad es privativa de unas cuantas personas, consideradas como las que de manera natural son "inteligentes", "sagaces" o "emprendedoras".

Lo anterior no es original de Darwin, dos siglos antes había sido explicado por Hobbes, para quien es forzosa una estructura de coerción para mantener el orden y la armonía en la sociedad, y esto basado en una pretendida naturaleza egoísta del ser humano, fomentada por la situación de escasez.[51] La aportación central de Darwin es

[50] Engels, F. (1955) [1891], *El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado*, en K. Marx y F. Engels, *Obras escogidas*, tomo II, Moscú, Progreso, pp. 168-325; Mandel (1977), *Tratado de economía marxista*, tomo 1, México, Era, pp. 31-37.

[51] Véase por ejemplo Hobbes, T. (2001) [1651],

la de consolidar esta forma de pensamiento basándose en una supuesta evidencia científica, en la pretendida objetividad, en la corroboración de lo que es presentado como común no solamente a los seres humanos sino a todos los seres vivos. Al darle ese carácter de natural al origen y surgimiento de esas cualidades agresivas, guerreras y egoístas del ser humano y de las demás especies, Darwin deja implícito, además, que esa realidad es indestructible por medios sociales.

ESCASEZ DE ATRACTIVOS FÍSICOS PARA LA REPRODUCCIÓN

Darwin desarrolla un tipo especial de escasez en la *Selección en relación al Sexo*, donde trata de explicar cómo se han ido modificando los caracteres secundarios en los organismos. Esta vez no es debida directamente a la selección natural, sino a través de un tipo especial de selección, llamada *selección sexual,* que se llevará a cabo por la elección de parejas para reproducirse y definida como la selección que resulta de la competencia de los machos por una hembra.[52] Es pertinente mencionar que Darwin no aclara la razón de que en la mayor parte de los casos sean los machos los que luchen por la hembra, sólo constata que así sucede y que tiene su raíz en las características naturales de unos y otras. Darwin afirma en este sentido:

> A través de todo el reino animal, cuando los sexos difieren entre sí en su apariencia externa, se nota que es el macho el que, con raras excepciones, se ha modificado más[...]. La causa de esto parece residir en que los machos de casi todos los animales tienen pasiones más fuertes que las hembras. Así, son los machos quienes pelean entre sí y despliegan sus encantos frente a las hembras[...].
>
> Las hembras, por otra parte, y con raras excepciones son menos entusiastas que los machos. Como el ilustre Hunter lo observó desde hace mucho, la hembra “requiere ser cortejada”, es tímida y frecuentemente puede esforzarse largos periodos por escapar del macho.[53]

Más adelante sigue por este derrotero cuando, al analizar las capacidades mentales en los dos sexos señala, entre otras cosas, que las mujeres “parecen diferir del hombre en cuanto a disposición mental, principalmente en su gran ternura y su menor egoísmo” y que el hombre “se deleita en la competencia, y esto lo conduce a la ambición, la cual se convierte fácilmente en egoísmo”.[54]

Darwin es de la opinión de que necesariamente debe haber individuos del sexo masculino más vigorosos y más atractivos o mejor dotados, los cuales serán elegidos por la pareja del sexo contrario, pero debido a que estos individuos son pocos o escasean dentro de la población, las aspirantes a apa-

Leviatán o la materia. Forma y poder de una república eclesiástica y civil, México, Fondo de Cultura Económica, pp. 102, 112, 141.

[52] Darwin, C. (1981) [1871], vol. I, parte II, pp. 256-259.

[53] *Ibid*, pp. 271-273.

[54] *Ibid*, vol. II, parte II, p. 326.

rearse con aquellos individuos se verán dentro de una competencia para poder llegar a tal apareamiento. De esta forma, a la vez, ganarán la pelea o competencia las que estén mejor dotadas, y sólo así se reproducirán los mejores con las mejores, "dejando mayor número de crías, herederas de su superioridad, que sus rivales vencidos, de menos atractivo y más ordinarios",[55] que conducirá a la eventual desaparición de éstos junto con sus caracteres no mejorados.

La mayoría de las veces, como dijimos, la selección sexual será una lucha entre machos por la posesión de las hembras más vigorosas y atractivas.[56] Darwin deja claro que esta competencia no se originará por una desigualdad entre machos y hembras, sino debido a la escasez de los individuos mejor dotados,[57] y aunque haya casos en que existiera una diferencia numérica entre ambos sexos,[58] también se llevará a cabo la selección de los individuos mejor dotados.[59]

Esta selección sexual, en tanto mecanismo universal, también será aplicada al hombre. Ha actuado sobre él desde su origen y ha sido capaz de llevarlo hacia lo que es ahora, más aún, Darwin explica que el proceso de selección sexual que se ha llevado a cabo en el hombre, principalmente en los primeros momentos de su historia implica, que "el hombre más hermoso y más fuerte prefiriera y fuera a la vez preferido por la mujer más hermosa".[60] En su discurso no deja lugar a dudas cuando afirma que los hombres dotados con la mejores armas y propiedades "lograrían criar mayor número de descendientes que los individuos más débiles, pobres e inferiores de las mismas tribus". Y "no habría duda de que estos hombres serían capaces de seleccionar a las mujeres más atractivas."[61]

La mejor progenie posible será así el resultado de la combinación de dos características naturales para uno y otro sexo: la capacidad emprendedora, guerrera y de posesión material de los hombres y el atractivo físico femenino.[62] De esta manera, los atributos estéticos humanos tienen que estar presentes como indicadores de una mayor capacidad potencial de cierto individuo para dejar una mayor progenie.

Aquí surge de inmediato una pregunta que va en el mismo sentido de la cualidades intelectuales y de capacidad de liderazgo a la que nos referimos líneas arriba: si desde los orígenes del hombre y sus antepasados se ha llevado a cabo la unión del "hombre más hermoso y más fuerte" con "la mujer más hermosa" y la eliminación por selección natural de las características de los otros individuos, ¿cómo es que en nuestros días la humanidad no está conformada prácticamente en su totalidad por individuos hermosos, fuertes y vigorosos? Para responder

[55] *Ibid*, pp. 260-261.
[56] *Ibidem*.
[57] *Ibid*, p. 261.
[58] Darwin mantuvo correspondencia en búsqueda de datos de proporciones entre hembras y machos en Inglaterra y Gales con H. Holland en 1869 (ccc, p. 294), y sobre el mismo asunto pero para pichones y cerdos con H. W. Weir en el mismo año (ccc, p. 295).
[59] *Ibid*, pp. 265-266.
[60] *Ibid*, vol. II, p. 375.
[61] *Ibid*, pp. 368-369.
[62] *Ibidem*.

habría que hacer una separación entre las tres características. Podría admitirse que la fuerza y el vigor de un grupo humano es más fácil de juzgar objetivamente. Desde los tiempos de Darwin no hay ninguna cultura en la que los que predominen sean individuos fuertes y vigorosos. Por el contrario, en todas hay una mayoría de individuos débiles, que son los de las clases dominadas, pero su situación se da a partir de las condiciones de vida a las que se ven sometidos y no a una deficiencia natural. Con respecto a la belleza tenemos que aun cuando Darwin admite el carácter subjetivo de los criterios estéticos y las variaciones que hay de una cultura a otra en los patrones de este tipo,[63] no piensa que el concepto belleza humana sea producto de una construcción social. En vez de ello concibe a la belleza como algo externo e independiente de los organismos, en especial de los humanos. Entiende que la belleza, cualquiera que sea su patrón, es un atributo que no tiene una esfera propia para ser juzgada y apreciada, sino que está ligada a y persigue fines reproductivos, especialmente en las mujeres.[64]

De este modo, aunque de una cultura a otra los patrones de belleza cambiaran, si las poblaciones de unas y otras estuvieran compuestas en su mayoría por personas bellas, esto podría ser reconocido y legitimado por sus propios integrantes, lo cual no es precisamente la norma. A lo largo de vastos territorios, por ejemplo en América Latina, o el lejano y cercano Oriente, sus propios pobladores se reconocen a sí mismos como feos en su mayoría y expresan en cambio una veneración por los europeos y sus estándares de belleza. Si admitimos, con Darwin, que tales estándares de belleza, sean cuales sean, tienen una función en la reproducción y por tanto en todo el proceso de selección, no se comprendería que no haya habido un incremento de los individuos considerados como hermosos y hayan sido legitimados como tales dentro de sus propias comunidades.

De esta forma, el objetivo más importante y decisivo de la vida: la reproducción y la supervivencia se asocia a un elemento poco común o escaso dentro de la sociedad: la belleza, femenina principalmente. Pero volvamos a preguntar: ¿es necesaria esta modalidad de escasez en la teoría de Darwin? Sí, es necesaria porque contribuye a la construcción del modelo con el cual Darwin se siente identificado y que consiste, de nuevo, en una sociedad jerarquizada de manera natural. En esta ocasión la jerarquización se dará entre bellos y feos, lo que en el lenguaje de la selección sexual significa aptos y no aptos. De esa manera la belleza por su función y su escasez queda convertida en un sinónimo de poder y en elemento de la jerarquización del sistema. En ese sen-

[63] *Ibid*, parte I, pp. 63-64; parte II, pp. 350, 353-354, 370.

[64] Darwin establece: "En todas partes las mujeres son conscientes del valor de su belleza, y cuando tienen los medios, se complacen más que los hombres en decorarse con todo tipo de ornamentos." *Ibid*, pp. 371-372. No obstante, esta afirmación se contradice con la expresada páginas antes donde Darwin afirma que: "En la mayor parte del mundo, aunque no en todo, los hombres están más altamente ornamentados que las mujeres, y con frecuencia de diferente manera; algunas veces las mujeres no se adornan para nada, aunque esto es algo raro". *Ibid*, p. 342.

tido va unida a la escasez tanto de recursos materiales como de cualidades intelectuales y morales, se entrelazan e intersectan, forman todos una unidad. Más aún, la belleza queda convertida en un atributo de seres vivos cosificados y reificados, es decir, entes cuya función es servir de vehículo para la reproducción. Esto, en los seres humanos no puede sino producir enajenación. La hermosura o belleza, así entendida, como consecuencia para quien la posea, tendrá que ser identificado como exitoso en la lucha por ese recurso escaso y por tanto destinado por leyes naturales a su superioridad; al contrario de quien no pueda poseerlo, que será visto como quien no pudo competir contra las características mejoradas de quien sí lo obtuvo y, por tanto, destinado por leyes naturales a su inferioridad y a desaparecer junto con esas características inferiores.

Nada de equivocado o criticable hay en la elaboración de patrones de belleza humana por parte de algún sector social. Lo que se cuestiona aquí no es que, en concreto, la clase capitalista haya construido los patrones hegemónicos desde hace varios siglos (en el mundo occidental, la burguesía ha sido la última clase que ha mantenido vigente un patrón de belleza humana legitimado al menos desde la Grecia antigua). En cierto sentido ni siquiera se cuestiona la forma concreta que toman, a pesar de su evidente carácter racista y sexista. Lo cuestionable es, en primer lugar, que su carácter de construcción social sea negado y en cambio la belleza sea considerada como un conjunto de atributos naturales, externos e independientes al ser humano, y en segundo lugar que estos atributos se definan *a priori* como escasos y se asigne un papel pasivo al individuo frente a la belleza, limitándolo a ser un ente contemplativo de la misma o bien un simple objeto que la utiliza para perpetuar la especie. Es en función de una identificación con esta idea que Darwin intenta explicar la función biológica de la belleza femenina haciendo su teoría más completa y coherente, pero no por ello más certera u objetiva.

Pero entonces esto nos lleva a cuestionar: ¿quién entonces podrá acceder a ese recurso escaso?

Para responder a esta pregunta tenemos que regresar a líneas anteriores donde explicamos que en numerosas ocasiones encontramos en la obra de Darwin elementos en donde se proyecta, a todo el mundo vivo y desde luego con un discurso biologicista, las formas de convivencia y la dinámica propia de las formas de dominación de la clase burguesa, la cual, al convertirse en dominante, generará las ideas hegemónicas, dentro de las cuales se mueve este sistema social, y por ello elaborará sus propios conceptos y patrones, incluidos los estéticos y de belleza humana, que le sean más apropiados y acordes con sus necesidades como clase social dominante.

CONCLUSIÓN

Después de haber analizado los orígenes del concepto hegemónico actual de escasez podemos concluir que la manera como ha sido formulado es en primer lugar coherente: toda una serie de presupuestos de los que

se parte para la organización social en el capitalismo son respetados y justificados en las teorizaciones sobre la escasez que hemos estudiado.

Se puede afirmar que estas teorías de la escasez buscan explicar el mundo por medio de la naturalización de una serie de comportamientos de los seres humanos, los cuales con considerados como naturales por dos vías. Por un lado porque se supone que respetan las leyes del conjunto del mundo vivo y por el otro porque todas éstas van acorde con las leyes de funcionamiento del capitalismo. O, para decirlo a la inversa, porque es el capitalismo el sistema que mejor respeta estas leyes naturales, es la manera natural de organización del mundo y de la sociedad. Concretamente las teorías de la escasez revisadas llevan a naturalizar:

a) Un crecimiento de la población y de los recursos, crecimiento que, debido a una misteriosa fuerza que Malthus nunca se ocupa de explicar, impele a la primera a rebasar siempre a los segundos.
b) El deseo incesante y creciente de posesión de cosas como forma de ejercicio de poder y adquisición de respeto, prestigio y estatus.
c) La jerarquización de la sociedad en una minoría de individuos, principalmente del sexo masculino, pretendidamente inteligentes, emprendedores y frecuentemente agresivos que necesariamente –y para bien de ellos mismos– deben tomar las decisiones frente a una mayoría de individuos supuestamente pasivos, torpes y sumisos que deben ser gobernados, aunque sea a pesar de su voluntad.
d) Otra división jerárquica de la sociedad, en esta ocasión más propia de las mujeres, consistente en una minoría integrada por las atractivas físicamente, juzgadas como saludables y aptas para la supervivencia, y una mayoría de no atractivas juzgadas por ello no tan aptas. En esta división se naturaliza no tanto un patrón específico de belleza humana, sino un comportamiento que permita la cosificación de la mujer atractiva para luchar por su posesión y alcanzar, en armonía con lo expresado en el inciso *b)*, una posición de poder.

Todas estas características del comportamiento humano tienen en común un trasfondo esencialista y reduccionista. Intentan buscar los aspectos fundamentales del comportamiento social, tomando como base leyes y preceptos que van más allá de lo humano y alcanzan a lo biológico en su conjunto. Justamente es este aspecto, que se utiliza para darle fuerza a las teorías, donde se muestra la debilidad de las mismas, pues carecen de un análisis histórico que permita conocer los orígenes de estos comportamientos. Pero ni Malthus ni Adam Smith ni David Hume ni Charles Darwin se preocupan por rastrear los orígenes históricos de muchas de las conductas que analizan. Malthus no logra comprender ni explicar por qué esa propensión del ser humano para reproducirse incesantemente y

contraer matrimonio. Hume no explica por qué la admiración, la estima y el reconocimiento hacia algún miembro de la sociedad debe partir de la cantidad y calidad de las posesiones de éste. Adam Smith solamente constata el carácter egoísta del ser humano y su propensión a intercambiar y competir, pero no lo explica. Darwin, al retomar aspectos fundamentales de las teorías de Malthus y de Smith, traslada y expande los comportamientos humanos que aquellos señalan y los naturaliza con mayor fuerza, pero sin explicar cómo se originaron en ese nivel más básico que es el de los seres vivos ni por qué esas conductas no cambian a pesar que están insertos en una dinámica evolutiva.

Así pues, la situación de escasez que se postula a partir de estos modelos no es comprendida cabalmente. Se parte de constatar la existencia de la misma, utilizando un método inmediatista y afirmando que el criterio de necesidades humanas propio tan sólo de un periodo histórico es el criterio único y universal. Con este método se reporta lo que, a juicio de los autores, es común a todas las sociedades y se hace una sobreestimación de las posibilidades que los datos estadísticos dan para representar la realidad. A pesar que los fenómenos que Malthus, Smith, Hume y Darwin están analizando son procesos de cambio, su visión inmediatista y fragmentaria del mundo les impide comprender que el fenómeno de la escasez y la concepción misma que de ella se tiene se deben no a una situación estática y ya dada, sino a un proceso histórico de relaciones sociales diversas que en distintos contextos tiene concreciones diferentes, si bien algunas de sus manifestaciones superficiales pueden parecer similares. Así, la concepción misma de la escasez como proceso, como devenir, queda desdibujada, se convierte en una abstracción que representa manifestaciones, estáticas e inalterables de la realidad. Estos defensores de la teoría de la escasez llegan a sus conclusiones a partir de la observación de lo que en un contexto concreto de la historia sucede, para abstraerlo y pensar que sus categorías de análisis, su discurso y su metáfora pueden expresar la realidad universal, sin explicar cómo es posible este proceso que lleva de lo concreto a lo abstracto.[65]

De acuerdo con esta visión, las apariencias van usurpando el lugar de las esencias de los fenómenos. La sobrepoblación, y la escasez que se deriva de ella, parece de ser un fenómeno derivado de la naturaleza biológica humana y tiene como consecuencias el aumento de la miseria, enfermedad, mortalidad y delincuencia, pero en realidad ese aumento poblacional y esa escasez son, desde el siglo xviii, el producto, por un lado, de continuas migraciones campo-ciudad de masas campesinas empobrecidas y en busca de trabajo asalariado, y de la existencia de un ejército industrial de reserva que sirve a la clase capitalista como "amortiguador" para imponer a los trabajadores los salarios más bajos posibles, de lo cual se desprende que la escasez, en este periodo, es el resulta-

[65] Para ver una crítica de este método, consultar Carlos Marx (1987) [1859], *Contribución a la crítica de la economía política,* México, Siglo xxi, pp. 300-310.

do de las normas capitalistas de reparto de la riqueza y no una propiedad ahistórica de la sociedad. La competencia y la agresividad que se establecen entre los individuos de una población humana o de otra especie parecen ser productos naturales de la igualmente natural escasez de recursos. En realidad son resultado de una proyección y extrapolación, más o menos arbitraria, del *ethos* competitivo que priva en el capitalismo, al grueso del mundo vivo. La propensión a comprar y por lo tanto a poseer parece venir de una fuerza humana también natural que impulsa al individuo a hacerlo y con ello adquirir poder y estimación, cuando en realidad es producto histórico de un aumento irracional en las necesidades humanas, el cual corresponde a la característica capitalista de aumentar la productividad y la producción del trabajo, con fines de obtención de un mayor plusvalor. La escasez de individuos del sexo opuesto, en especial de mujeres atractivas y por ello consideradas aptas para dejar una numerosa progenie, parece ser el resultado de una natural tendencia masculina a la poligamia, en contraste con una natural tendencia femenina a la monogamia, pero en realidad estos dos comportamientos son a su vez resultado de una evolución social en la que las propiedades materiales de las familias solamente pueden ser heredadas por la vía paterna, con lo cual la monogamia se impone para las mujeres, dejando en libertad a los hombres para practicar la poligamia como regla no escrita,[66] pero como las mujeres han pasado a ser propiedad exclusiva de sus padres (antes del matrimonio) y sus respectivos maridos (a partir de éste), resulta difícil encontrarlas, más si se requiere que sean bellas. Por otra parte parece ser el resultado de una naturalidad y una objetividad de la belleza, la cual correspondería, de acuerdo con este criterio, a un estatus alto en la escala de la lucha por la supervivencia, cuando en realidad es resultado de la construcción social, con criterios subjetivos de patrones de belleza que abarcan y exceden al ser humano.

Entonces, todos estos criterios de escasez que he estudiado parten de una representación de la realidad como ser y no como devenir. Pero tal representación corresponde a las ideas y concepciones que se tienen de esa realidad entendida como estática.[67] De este modo, se opera una inversión entre la realidad representada o teorizada y las ideas que se tienen acerca de ella. En esta inversión la realidad es forzada a comprenderse de acuerdo con las ideas abstractas que se tienen sobre la misma. La idea o la concepción del mundo se convierte en la realidad. Con ello la ideología queda inserta en el discurso de la teoría y de la ciencia, se convierte en parte de ella. La conciencia o visión del mundo se vuelve falsa.

Si consideramos, con Kuhn,[68] que la ciencia no es una empresa neutra y parte de los intereses sociales y de las comunidades científicas o si consideramos que también

[66] Engels, F., *op. cit.*, pp. 219-228.

[67] Milic, V. (1965), La relación entre sociedad y conocimiento en la obra de Marx, en K. Lenk (comp.) (2000), *El concepto de ideología*, Buenos Aires, Amorrortu, pp. 137-163.

[68] Kuhn, T. S., *op. cit*.

tiene dependencias de los intereses de las clases sociales dominantes, veremos que una de sus tareas o misiones es la de colaborar para mostrar como verdadero y natural aquello que ya ha sido decidido, de acuerdo con intereses comúnmente caracterizados como extracientíficos, en las esferas de la economía, la política, la ética o la estética. Ésta ha sido una misión central de la teoría demográfica de Malthus, la económica de Smith y la darwiniana de la evolución, por ello se puede decir que, al mismo tiempo que efectúan grandes aportaciones a la ciencia, a la filosofía y a la cultura, son teorías ideologizadas en la medida en que al despojar a los procesos históricos de su historicidad, lo justifican al presentarlo como estaticidad natural, como la única realidad. La idea de escasez que en éstos y otros pensadores (como Hobbes) se desarrolla, está impregnada de ese carácter ideológico.

Lo anterior no tiene que interpretarse como un intento de denigración o disminución del valor de teorías como la de Darwin o de Adam Smith, las cuales, junto con estos insumos ideológicos, poseen elementos revolucionarios enraizados en concepciones materialistas y dinámicas del mundo y han ayudado a desarrollar un vasto conocimiento a lo largo de diversas líneas. Como toda gran teoría, es el resultado de tensiones existentes entre estos dos tipos de elementos. En este trabajo he querido resaltar el primer tipo de elementos para cuestionar la idea de escasez y mostrar que se trata de una concepción utilizada por la ciencia para legitimar e intentar eternizar un orden social que, empero, no es eterno, y para superarlo será necesario, entre otras cosas, remontar y superar estos elementos de ideología o falsa conciencia presentes en la ciencia natural y social, por lo demás profundamente entrelazadas.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Caponi Gustavo, "Darwin entre Paley y Demócrito", en *História, Ciências, Saúde*, *Manguinhos*, vol. 10, núm. 3, Brasil, 2003, pp. 993-323.

Coleman, William, "Introducción", en *La biología del siglo XIX: problemas de forma, función y transformación*, FCE, México, 1983, pp. 9-33.

González, R., J. L., "Isaac Newton: el imperio de la mecánica racional", en *El taller de las ideas,* Plaza y Valdés, México, 2005, pp. 115-150.

Hallam, Anthony, "Neptunistas, vulcanistas y plutonistas", en *Grandes controversias geológicas*, Editorial Labor, España, 1985. (1ª ed. Oxford University Press).

Hodge, Jonathan, "Against 'Revolution' and 'Evolution'", en *Journal of the History of Biology*, núm. 38, Springer Verlag, 2005, pp. 101-121.

Kragh, Helge, "Aspectos del desarrollo de la historia de la ciencia", "Historia de la ciencia", en *Introducción a la historia de la ciencia*, Crítica, España, 1989, pp. 9-32 y 33-48.

Ledesma, Ismael, "Jean Baptiste Lamarck: la primera teoría coherente de la evolución", en *Historia de la biología*, AGT editor, México, 2000, pp. 391-411.

Llorente, Jorge y Alfredo Bueno, "La síntesis biogeográfica de Charles Lyell", en Nelson Papavero, Dante Martins Teixeira, Jorge Llorente y Alfredo Bueno, *Historia de la biogeografía I. El periodo preevolutivo*, México, FCE, México, pp. 233-255.

Muñoz Rubio, J., "El concepto darwiniano de escasez: la extensión de la ideología capitalista al mundo vivo", en *Una crítica al concepto capitalista de escasez y sus principios científico-ideológicos (T. Malthus, D. Hume, A. Smith y C. Darwin)*, CEIICH, UNAM, México.

Rudwick, M. J. S., "Objetos fósiles y naturalistas", en *El significado de los fósiles*, España, Herman Blume, pp. 19-74. (1ª ed. University of Chicago Press).

Ruiz, Rosaura y Ayala J., Francisco, "El núcleo duro del darwinismo", en *El darwinismo en España*, Doce Calles/UNAM, México, 2000, pp. 299-323.

____, "El método en las ciencias", en *El método en las ciencias*, FCE, México, 2000, pp. 11-44.

Schweber, Silvan S., "Darwin y los economistas políticos: La divergencia de los caracteres", en *Journal of the History of Biology*, Springer Verlag, núm. 13, pp. 195-289.

Sloan, P., "The Buffon-Linnaeus Controversy", en *Isis*, vol. 67, núm. 238, University of Chicago Press, 1976, pp. 356-375.

Valor, J. A., "La fábrica cartesiana del mundo: un paseo por los jardines de Versalles", en *El taller de las ideas*, Plaza y Valdés, México, 2005, pp. 79-114.

Fundamentos históricos de la biología, editado por la Secretaría de Desarrollo Institucional,
la Facultad de Ciencias y la Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial
de la UNAM, se terminó de imprimir en agosto de 2008 en los talleres de Impresora
y Encuadernadora Progreso, S.A. de C.V. (IEPSA), San Lorenzo núm. 244,
col. Paraje San Juan, Iztapalapa, C.P. 09830, México, D.F.
Para su composición se usó tipografía Adobe Caslon Pro,
y Cronos Pro. El tiro consta de mil ejemplares impresos
en papel Book Lux Cream de 60 gramos con forros
en cartulina SBS de 16 puntos.

